

CAPITULO I

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEZCLA Y PESAJE EN LA FÁBRICA TIGRE S.A.

1.1 INTRODUCCIÓN

Como antecedente al estudio del sistema de mezcla en la planta industrial de Tigre S.A. se aclararan puntos que son de vital importancia a lo largo del desarrollo de este capítulo.

Entre los que se pueden destacar; la organización empresarial, los procesos de mezcla existentes en la industria, las materias primas utilizadas y el proceso de mezclado y cocción que formará parte del proceso de mejoramiento a implementarse.

1.1.1 Generalidades De La Empresa

Tigre S.A. es la empresa líder en Latinoamérica en la fabricación de tubos y accesorios en PVC (Poli cloruro de Vinilo), con unidades fabriles en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, EE.UU., Paraguay, Perú y Uruguay. Ecuador recibió su primera unidad fabril de la multinacional brasileña en la ciudad de Quito, actualmente desempeña sus actividades industriales y comerciales en la parroquia de Calderón, vía a Marianas y el Vergel, como Tigre Ecuador S.A.



Figura 1-1 Ubicación de la planta Industrial Tigre Ecuador S.A.¹

¹Ubicación Geográfica GoogleMaps® 2011.

1.1.2 Antecedentes

Tigre Ecuador S.A. inició sus actividades en el año 2006 importando y comercializando conexiones y accesorios de PVC de sus filiales a lo largo del continente Sudamericano, finalmente en el año 2007 inicia sus actividades productivas fabricando productos de primera calidad elaborados con PVC y bajo estricto cumplimiento de las normas de fabricación INEN² vigentes en el Ecuador para asegurar al cliente un producto de alta calidad.

Ante la creciente demanda en nuestro país y la factibilidad de inversión en el mercado ecuatoriano, Tigre Ecuador S.A. absorbe a sus competidores Hidroplastro e Isrario respectivamente, trasladando así sus maquinarias hacia sus nuevas instalaciones en las direcciones ya mencionadas.

1.1.3 Actividad Industrial Y Comercial

Tigre Ecuador S.A. tiene como principal actividad industrial y comercial La fabricación y venta de tuberías de PVC. Actualmente posee 11 líneas de producción de tubería PVC, 2 líneas inyectoras para la elaboración de conexiones, una línea roscadora y tres MIXERs de material, además de equipos de enfriamiento y auxiliares.

Siendo principal proveedor a nivel nacional de tubería para presión, ductos telefónicos y sistemas de riego.

Los productos que se fabrican con el sello de Tigre Ecuador S.A. son:

- | | |
|---|-----------------|
| ➤ Tubos de PVC para desagüe | NORMA INEN 1374 |
| ➤ Tubos de PVC para ventilación | NORMA INEN 2474 |
| ➤ Tubos de PVC para presión | NORMA INEN 1373 |
| ➤ Tubos de PVC para presión unión por rosca | NORMA INEN 2497 |
| ➤ Tubos de PP | NORMA IRAM 3473 |

² Instituto Ecuatoriano De Normalización

- Tubos de PE NORMA ISO 4427
- Tubos de PE NORMA INEN 1744
- Conexiones de PVC (Codos, derivaciones, conectores).

Para abastecer la creciente demanda local, se comercializa productos importados desde otras filiales de Tigre S.A. a lo largo del continente Sudamericano. Tales como accesorios eléctricos y de construcción.

1.2 PROCESO DE MEZCLA

1.2.1 GENERALIDADES

En química, una mezcla es un sistema material formado por dos o más sustancias puras pero no combinadas químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas. No obstante, algunas mezclas pueden ser reactivas, es decir, que sus componentes pueden reaccionar entre sí en determinadas condiciones ambientales.

Los componentes de una mezcla pueden separarse por medios físicos como destilación, disolución, separación magnética, flotación, filtración, decantación o centrifugación. Si después de mezclar algunas sustancias, éstas reaccionan químicamente, entonces no se pueden recuperar por medios físicos, pues se han formado compuestos nuevos. Aunque no hay cambios químicos, en una mezcla algunas propiedades físicas, como el punto de fusión, pueden diferir respecto a la de sus componentes.

Para realizar procesos de mezcla se puede utilizar componentes en tres estados de la materia como lo son sólidos, líquidos, gaseosos.

1.2.2 TIPOS DE MEZCLA

Dependiendo de los estados de los componentes o sustancias a mezclarse estas pueden ser de diferente tipo, entre las cuales tenemos: Homogéneas, heterogéneas,

1.2.2.1 Mezclas Homogéneas

Es aquella en la que sus componentes no se perciben a simple vista, ni siquiera con la ayuda del microscopio. Su raíz "homo" significa semejanza de procrear de sí mismo. Está formada por un soluto y un solvente ³

1.2.2.2 Mezclas Heterogéneas

Una mezcla heterogénea es aquella que posee una composición no uniforme en la cual se pueden distinguir a simple vista sus componentes y está formada por dos o más sustancias, físicamente distintas, distribuidas en forma desigual.

Las partes de una mezcla heterogénea pueden separarse mecánicamente. Por ejemplo, las ensaladas, o la sal mezclada con azucar.⁴

1.2.3 TIPOS DE MEZCLADORES

El mezclado es una de las operaciones unitarias de la ingeniería química más difíciles de someter a un análisis científico. Hasta el presente no se ha desarrollado ninguna fórmula o ecuación aplicable al cálculo de grado de realización al que se verifica la mezcla, o la velocidad con que se realiza, en determinadas condiciones.

Se dice a veces que solo el consumo de energía eléctrica de un mezclador proporciona una medida real del grado en que se ha completado una mezcla, porque se necesita una cantidad definida de trabajo para mezclar las partículas del material dentro del recipiente que lo contiene.

Para diseñar bien un mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en un recipiente inadecuado. Además, no debe perderse de vista

³ Extracto del concepto contenido en Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Mezcla>

⁴ Extracto del concepto contenido en Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Mezcla>

el resultado exacto que se quiere alcanzar, de modo que pueda obtenerse una mezcla con un coeficiente de seguridad bastante grande.

Entre los diferentes métodos de mezcla existentes para todos los estados físicos de los componentes sean estos sólidos, líquidos o gases, se pueden encontrar entre los más utilizados los siguientes:

1.2.3.1 Mezcladores De Flujos O Corrientes

En este tipo de mezclador, se introducen los materiales casi siempre por medio de una bomba y la mezcla se produce por interferencia de sus flujos corrientes. Solo se emplean en los sistemas continuos o circulantes para la mezcla completa de fluidos miscibles.

Este tipo de mezclador se emplea a veces para líquidos, pero su mayor aplicación es la mezcla de combustibles gaseosos antes de inflamarlos.

1.2.3.2 Mezcladores De Paletas O De Brazos

Este es, probablemente el tipo más antiguo de mezclador y consiste de una o varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a un eje horizontal, vertical o inclinado que gira axialmente dentro del recipiente. (Aunque no siempre está centrado con éste). De esta manera el material que se mezcla es empujado o arrastrado alrededor del recipiente siguiendo una trayectoria circular.

Las paletas imprimen siempre un movimiento de remolino a todo el contenido del recipiente, en todos los casos. El material que está directamente en la trayectoria de las paletas es empujado más aprisa que el que se encuentra entre ellas. Este hecho tiene gran influencia para cambiar la relación mutua existente entre las láminas paralelas a las paletas. Sin embargo, una vez realizado este importante paso las paletas carecen de medios eficaces para producir, en dirección perpendicular a ellas, fuerzas que corten transversalmente esos estratos y que los mezcle uno con otros. Este es su principal defecto. Sin embargo los mezcladores de paletas o brazos se emplean más que los de ningún otro tipo.

1.2.3.3 Mezclador de Hélices

Los mezcladores de hélices proporcionan un medio poco costoso, sencillo y compacto, para mezclar materiales en un gran número de casos. Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia delante los materiales a mezclarse, lo que para todos los fines puede considerarse un cilindro continuo de material, aunque el deslizamiento produce corrientes que modifican bastante esta forma cilíndrica.

Puesto que la hélice hace que un cilindro de material se mueva en línea recta, es evidente que esta se amolde a la forma del recipiente. Con sólidos con densidad muy diferentes a las de los líquidos, existen algunas dificultades para impedir la sedimentación, ya que es prácticamente imposible dirigir la corriente producida por la hélice a todas las partes del tanque. La situación de la hélice dentro del tanque influye sobre la naturaleza de la mezcla producida.

El empuje de las hélices puede ser totalmente ascendente, descendente o bien de doble efecto, o sea ascendente y descendente; este último es el más conveniente para recipientes pequeños.

1.2.3.4 Mezcladores de Turbina o de impulsor centrífugo

El mezclador de turbinas se estudia como una o varias bombas centrífugas trabajando en un recipiente casi sin contrapresión.

El material entra en el impulsor axialmente por su abertura central. Los álabes aceleran el material y lo descargan del impulsor o rodete más o menos tangencialmente a una velocidad bastante elevada. La turbina puede llevar una corona directriz con paletas curvas fijas (difusores) que desvían esas corrientes tangenciales hasta hacerlas radiales.

Todo el cambio de dirección de vertical a horizontal y radial se realiza suavemente con la menor pérdida posible de energía cinética, y en consecuencia, las corrientes radiales llegan aun a gran velocidad a las partes más alejadas del recipiente.

Todo el contenido del recipiente se mantiene en movimiento muy vigoroso y perfectamente dirigido.

Los mezcladores de turbinas son esencialmente útiles para mezclar líquidos viscosos o lodos espesos, suspender sólidos pesados, efectuar disoluciones rápidas, realizar buenas dispersiones y hacer mezclas en recipientes de formas irregulares.

1.2.3.5 Mezclador de Tambor

El Mezclador de tambor o de volteo es sencillo pero útil. Consiste en un recipiente cilíndrico montado sobre un eje horizontal y que gira con él. Haciendo girar el cilindro o tambor se mezcla el contenido. Se usa mucho para mezclar polvos y hormigón o concreto. No tiene igual para los trabajos que implican dos o tres fases con materiales tan diferentes como piedras, polvos y agua. Existen varias modificaciones de este tipo. A veces el tambor está montado sobre el eje oblicuamente, para que el impulso irregular acelere y facilite la mezcla.

1.2.4 MEZCLADO DE MATERIA PRIMA

Para la fabricación de tuberías y accesorios en PVC, se necesita de una mezcla (materia prima) definida acorde al producto terminado requerido o receta manejada. Para esto existe un proceso de preparación de la materia prima, en donde se toman en cuenta factores que son primordiales para su acondicionamiento como son; temperatura y los pesos de cada componente químico que satisface la fórmula para la obtención de una materia prima de primera calidad.

Sin embargo no todos los procesos en nuestra planta industrial son iguales ya que se manejan diferentes productos. Para la fabricación de cada uno de los productos intervienen diferentes materias primas, variando la materia prima y la formulación acorde a los requerimientos del producto.



Figura 1-2 Fotografía del Mixer en la Fabrica Tigre S.A.

1.2.4.1 MATERIAS PRIMAS

1.2.4.1.1 Polietileno (PE)

Es químicamente el polímero más simple, más barato e inerte, por lo que constituye uno de los plásticos más comunes utilizados en la industria. Se obtiene de la polimerización del etileno del que deriva su nombre.⁵

Aunque las propiedades de este material varían según los métodos de obtención, en general este plástico es sólido, incoloro, translúcido, termoplástico, graso al tacto y blando en pequeños espesores, siempre flexible, inodoro, no tóxico, se descompone a unos 300°C. Es menos denso que el agua.

⁵ Extracto del concepto contenido en Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno>.

ESTRUCTURA DEL POLIETILENO

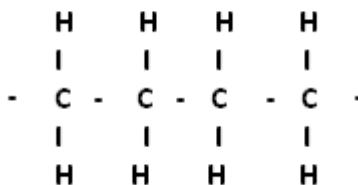


Figura 1-3 Estructura del polietileno

Características

Sin la ayuda de plastificantes, se reblandece a 115°C, pero hay que señalar que su punto de fusión está muy próximo al de reblandecimiento, particularidad que se atribuye a su grado de cristalinidad, que se estima en un 70% a temperatura ordinaria.

Es afectado por la acción nociva del oxígeno durante una exposición prolongada a la intemperie, lo que se traduce en un endurecimiento y disminución de sus propiedades. Esto hace necesario el uso de antioxidantes, para no tener amenazas de degradación. Los antioxidantes utilizados para prevenir esto son de absoluta eficacia durante un tiempo muy prolongado.

Entre sus usos más comunes están el aislamiento de cables eléctricos, filamentos, láminas, piezas para maquinaria, cables coaxiales, válvulas, recipientes de líquidos corrosivos, films de poco espesor, cajas de baterías, piezas de electrodomésticos, material sanitario, depósitos para gasolina en automóviles, tubos para protección de cables telefónicos y de fibra óptica.

1.2.4.1.2 Polipropileno (PP)⁶

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno.

⁶ Extracto del concepto contenido en Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Polipropileno>

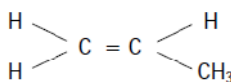


Figura 1-4 Estructura del polipropileno

Estabilización

Debido a la sensibilidad del polipropileno a la degradación térmica - oxidativa, debe ser mejorado con aditivos con sistemas que garanticen su protección. Con adecuada aditivación, las tuberías y piezas fabricadas con PP pueden alcanzar un uso continuado a 90°C, llegando hasta 110°C durante largo período de tiempo. La adición de estabilizadores para la radiación ultravioleta, retarda la degradación, siendo el más eficaz el negro de carbono. Para coloraciones más claras tales como el gris, deben usarse materiales con la estabilización adecuada.

Transformación

La extrusión del polipropileno no presenta ninguna dificultad, utilizando la maquinaria y el tipo de PP apropiado. A título orientativo y con carácter general se indican las características de las máquinas extrusoras y condiciones de proceso.

Extrusora:

- Relación de compresión 3 a 4

Proceso:

- Temperatura en zonas cilindro 200/215/225°C
- Temperatura de fusión 210-230°C
- Temperatura hilera 210-230°C

Campos de aplicación

Tubos de polipropileno, accesorios y otros componentes para instalación de agua fría y caliente en edificios para conducciones de agua potable bajo presión y temperatura, de acuerdo con las condiciones de aplicación establecidas en las Normas. Tubos para

conducción de agua a presión a la temperatura de 20°C para consumo humano, vistos, empotrados o enterrados en el interior o exterior de edificios.

- Tubos para calefacción de suelos por agua caliente.
- Tubos para instalaciones de aire acondicionado.
- Tubos para instalaciones industriales de conducción de sustancias químicas

1.2.4.1.3 Policloruro de Vinilo (PVC)⁷

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (ClNa) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

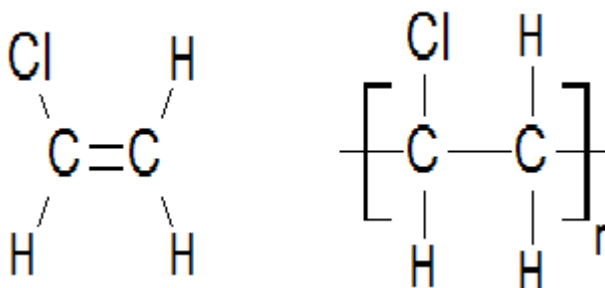


Figura 1-5 Cloruro de vinilo (Monómero) y Policloruro de vinilo (Polímero)

El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.

- Es inodoro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos.
- Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama.
- No se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable.

⁷ Extracto del concepto en Textos Científicos <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros. El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegándose en nuestros días a una producción de 25 millones de toneladas.

Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C. Es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloro eteno. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

Punto de ebullición (°C)	- 13,9 +/- 0,1
Punto de congelación (°C)	-153,7
Densidad a 28,11°C (gr/cm ³)	0,8955
Calor de fusión (kcal/mol)	1,181
Calor de vaporización	5.735
Índice de refracción a 15°	1,38
Viscosidad a - 10°C (mPoisses)	2,63
Presión de vapor a 25°C (mm)	3
Calor específico del líquido (cal/g)	0,38
Calor específico del vapor	10,8 - 12,83
Calor de combustión a 80°C (Kcal/mol)	286

Tabla 1-1 Características del PVC

1.2.4.1.4 Carbonato de calcio ⁸

El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO₃. Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (p.ej. moluscos, corales) o de las cáscaras de huevo. Es la causa principal del agua dura. En medicina se utiliza habitualmente

⁸ Extracto del concepto contenido en Wikipedia
http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio

como suplemento de calcio, como antiácido y agente adsorbente. Es fundamental en la producción de vidrio y cemento, entre otros productos. Es el componente principal de los siguientes minerales y rocas:

Calcita, Aragonito, Caliza, Travertinos, Mármol.

1.2.4.1.5 Características de las resinas PVC

Es un material termoplástico, inodoro, insípido y no tóxico. Químicamente inerte, es suministrado en forma de polvo blanco amorfo opaco, insoluble en agua y muy resistente a los agentes químicos como ácidos, álcalis, aceites y alcoholes.

El PVC es un termoplástico, de forma que cuando la temperatura se eleva se reblandece y al enfriar se endurece.

El reblandecimiento (o pérdida de rigidez) comienza a los 40 °C y se acentúa hasta los (± 80 °C), por lo que las tuberías fabricadas en PVC-U no pueden utilizarse para temperaturas superiores a 60 °C perdiendo en este caso sus características mecánicas. Las Normas cautelarmente limitan su utilización a 45 °C.

Entre 80 y 90 °C la descomposición se hace sensible después de algunas horas. A la temperatura de 150 a 220 °C se produce en algunos segundos. La descomposición es auto catalítica, es decir, que el ácido clorhídrico formado, cataliza la descomposición y la acelera.

1.2.5 MEZCLADORES OPERATIVOS Y ETAPAS

En la planta industrial de Tigre Ecuador S.A., actualmente se encuentran operando 3 MIXERs de tipo Mezclador de Paletas, más conocidos en la industria plástica como turbo mezcladores.

Todos con capacidades de producción diferente, siendo las cargas nominales de estos de 125, 150 y 225 Kg.



Tabla 1-2 Turbo Mezclador Plasmec Planta Industrial Tigre S.A.

1.2.6 INGRESO Y COCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El inicio del proceso de mezcla se inicia al ingresar la materia prima a la olla principal. Este proceso implica transportar la materia prima hacia la olla independientemente del proceso propio de mezcla. Es decir que el ingreso puede ser manual (trabajo humano) como el caso del primer mezclador o por métodos de dosificación (actualmente dosificación por tiempo), de acuerdo a las capacidades de cada mezclador.

El producto debe ser ingresado dependiendo su capacidad máxima y la receta a realizarse. Es allí donde se realiza el proceso de cocción de las materias primas, teniendo temperaturas establecidas para el ingreso de cada componente.

Existen dos componentes que necesitan ser ingresados a una temperatura específica para obtener un mejor resultado, como lo son el Estabilizante y el Carbonato, que

deben ingresar a la olla entre los 60 y 80 °C respectivamente, para un correcto proceso de cocción de la materia prima.

El ciclo de cocción termina a los 120 °C, Todo este proceso el ingreso a las temperaturas establecidas garantiza una mezcla homogénea y que esta a su vez este químicamente estable para su correcta reacción al momento de ser extruida.



Figura 1-6 Fotografía De Ingreso De Resina Manual al Mezclador

1.2.7 ENFRIAMIENTO Y SALIDA DE LA MATERIA PRIMA

El inicio del enfriamiento es estrictamente luego de que se hayan cumplido etapas previas como la mezcla de las materias primas, y estas a su vez hayan alcanzado las temperaturas óptimas de acondicionamiento y cocción, así como también se garantice la inclusión de los aditivos en cantidad y temperatura exacta para su correcta formulación y consistencia.

Al iniciar la descarga de la mezcla al enfriador la materia prima ya cocida debe reducir su temperatura. Esto se logra gracias a un sistema de refrigeración de agua fría circulante por las paredes internas del enfriador en forma de serpentín la cual es

refrigerada por un sistema de Chillers instalado en la planta, el contacto de la materia prima caliente con estos ductos fríos de manera uniforme por medio de un motor mezclador hace que la temperatura vaya reduciendo la temperatura del material ya cocido a un valor de temperatura entre 35 y 50 °C.

Al alcanzar los valores de temperatura establecidos, la materia prima puede ser evacuada del recipiente enfriador, permitiéndose así accionar los dispositivos de descarga y salida. El fin de este proceso garantiza una materia prima lista para ingresar a cada una de las líneas de producción.

El no enfriamiento uniforme de la materia prima previamente cocida puede provocar el endurecimiento del PVC en la olla o enfriador causando paradas por elevados tiempos de limpieza así como pérdidas de materia prima.



Figura 1-7 Fotografía Del Enfriador En La Planta Tigre Ecuador S. A.

1.3 NECESIDADES DEL PROCESO

1.3.1 ANTECEDENTES

En la planta industrial de Tigre Ecuador S.A., existen diferentes etapas de producción, como lo son las etapas de mezcla, extrusión, corte y acampanado. Así también podemos encontrar diferentes niveles de tensión como son 220, 380 y 440 VAC. En cada una de estas etapas existen diferentes métodos de control ya que no existe una normalización respecto a las marcas de controladores, mucho menos de los sistemas y lazos de control utilizados en las diferentes etapas de la producción.

En el mejor de los casos existen controladores en secciones críticas mas no así en el sistema de mezcla de materia prima, donde el control es electromecánico y manual.

Este proceso de mezcla es un punto crítico en la Planta Industrial Tigre Ecuador, debido a la importancia y necesidad de materia prima reposada para la fabricación de tuberías en las líneas extrusoras.

Para lo cual es necesario tener operativos los tres mezcladores o un mínimo de dos en el peor de los casos pero a sus máximas capacidades, lo cual en la práctica en casi imposible de lograr ante las eventualidades y paradas por mantenimiento. Los registros de fallas indican que las paradas operativas se han venido generando debido al sistema de control manual y discontinuo que posee. Además de un elevado margen de error en cuanto a la cantidad de resina cocida. Uno de los principales inconvenientes además es que si la materia prima está de baja calidad, la consistencia del producto no será la apropiada con los límites de espesor permisibles en las pruebas de control de calidad, lo cual hace que se entregue tubería con espesores mayores al nominal para satisfacer pruebas técnicas de presión e impacto, generando pérdida económica por el sobrepeso de tubería y utilización de más materia prima.

1.3.2 NECESIDADES DEL SISTEMA DE MEZCLA

La mezcla utilizada para la fabricación de tubería PVC responde a una formula química basada en pesos porcentuales de cada uno de sus componentes de acuerdo a la cantidad total de materia prima.

La preparación de estos componentes se realiza en los MIXERs. El sistema de mezcla en las instalaciones de Tigre Ecuador S.A. actualmente se encuentra operativo con tres mezcladores de marcas y capacidades diferentes.

Para cada Mixer se ha asignado una persona responsable de la preparación de la materia prima, y de la operación de las máquinas que el proceso individual de mezcla conlleva, así como dos personas más para el transporte de materia prima hacia la tolva de ingreso de resina.

Al momento se encuentran operando de manera manual, el proceso de carga de material, el conteo de sacos de resina y el tiempo de dosificación de la misma que está estimado en un valor de tiempo aproximado en relación al flujo de material desde la tolva de descarga de los sacos de resina hasta la entrada a la olla donde se realiza la cocción.

Esta dosificación es totalmente inexacta para la materia prima predominante en la mezcla como es la resina, es así que puede variar con un margen de error de hasta el 20% del peso, debido al método de dosificación por tiempo.

Este no es el único problema observado en este proceso ya que además de los pesos se toman en cuenta temperaturas de acondicionamiento tanto en etapas de precalentamiento y enfriamiento.

También es de gran importancia los valores de temperatura a los que deben ingresar los estabilizantes y pigmentos a la olla de cocción, ya que esto garantiza la homogeneidad de la mezcla, pues la preparación determina que los niveles de aditivación óptima para obtener una mezcla homogénea son los 60 y 80 grados para el master y carbonato respectivamente.

La supervisión e ingreso de los aditivos se realizan manualmente esto hace que sea más propenso a errores, como la falta de inclusión en la mezcla de uno de sus componentes, además del riesgo que ingrese a una temperatura inadecuada.

Este es el factor fundamental para que la materia prima no resista el proceso de

extrusión quemando el producto en esta etapa y generando pérdidas de producción y materia prima no reprocesable en todas las líneas, además de los elevados tiempos muertos y de parada principalmente en la limpieza de moldes, cabezales y la puesta en marcha de las líneas de producción. Lo que afecta técnica y económicamente a los intereses de Tigre Ecuador S.A.

Tanto para el análisis técnico económico y la factibilidad de mejora en el sistema, existe la necesidad de un análisis de Ingeniería, para identificar las etapas más vulnerables y realizar un estudio del cual obtendremos alternativas de mejora para este proceso.

Mantener los dispositivos y maquinarias que se encuentren en buenas condiciones para que continúen siendo operativas pero incrementando su rendimiento y confiabilidad operativa, además de lograr un mejor control y seguimiento en el sistema de mezcla.



Figura N° 1.10 Material quemado en las líneas extrusoras en Tigre Ecuador S. A.

1.4 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

1.4.1 NECESIDADES OPERATIVAS

La mezcla es una parte fundamental del proceso, es importante hacerla bien. Un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación ya que en industrias plásticas este puede ser considerado el corazón de la empresa como se ha visto en la planta Industrial de Tigre S.A. El mezclador provee de materia prima a todas las líneas de producción existentes y de este depende la calidad de la misma y su rendimiento en las etapas de elaboración del producto.

Una materia prima confiable que garantice un producto terminado de alta calidad y la satisfacción del cliente, con la cantidad exacta de recursos de materia prima, no generando sobrepeso en tuberías para cumplir con normas de presión y pruebas de calidad.

Al identificar las etapas más vulnerables, en un análisis previo se observa necesidades técnicas esenciales como remplazar los dispositivos de control electromecánicos y manuales para readecuarlos en un nuevo sistema de control con dispositivos que permitan tener un seguimiento real del proceso como lo son sensores, actuadores, balanza, y el remplazo de dispositivos de arranque anticuados y de alto coste de mantenimiento por variadores de velocidad, en donde el proceso estará controlado totalmente por un PLC⁹.

Monitorear el proceso de mezclado en general, los pesos de preparación, temperaturas de acondicionamiento son las mayores debilidades del proceso actual debido a que no existe un sistema HMI¹⁰ que sea capaz de brindarnos el acceso al proceso de mezcla mucho menos el observar fallas y alarmas.

⁹ Controlador Lógico Programable

¹⁰ En español " Interfaz Hombre Maquina"

Reducir los márgenes de error en el sistema de pesaje e incrementar su confiabilidad utilizando las cantidades exactas de resina.

Capacitar al personal operativo para el manejo del sistema implementado y sus prestaciones, optimizando el recurso humano necesario para la operación del proceso de pesaje y mezcla de materia prima.

Es necesario garantizar que la materia prima que sale del mezclador este bien formulada y cocida, por elementos de supervisión electrónicos antes que por supervisión manual.

Analizar las mejoras prestadas por el sistema instalado en beneficio de la empresa.

1.4.2 MEJORAS GENERALES

En los últimos años, los sistemas de control industrial han ido evolucionando ya que la tecnología ha permitido reducir los tamaños y los costos de los equipos utilizados por elementos virtuales de accionamiento y de recolección de datos de importancia en un proceso industrial, dotando mayor confiabilidad y reduciendo notablemente puntos de falla a futuro, aumentando confiabilidad y eficiencia de los mismos haciéndolos menos vulnerables sobre todo en ambientes de condiciones extremas de polvo, temperatura, humedad u otros.

Con el mejoramiento se cumplirá con los requerimientos de la empresa, sin que el proceso deje de ser confiable, trabajando de manera paralela hasta la puesta en marcha de un sistema nuevo y moderno que se adapte a las condiciones de funcionamiento ideales que requiere el proceso de mezcla y pesaje.

El HMI estará desarrollado en una plataforma de control reconocida a nivel industrial para el control de dispositivos o maquinarias que sustituyan parcial o totalmente a los operadores dependiendo de las necesidades y de los recursos tecnológicos y económicos disponibles.

Un sistema que se base en interfaces gráficas las cuales permitan a los operadores

interactuar con las máquinas de una manera práctica y segura, con opciones de trabajo en ciclo manual y automático así como opciones de paradas puntuales por operatividad o mantenimiento sin dejar de ser funcional en otras etapas del proceso.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LOS MIXERs.

En este capítulo se analizará el sistema eléctrico operante en los mezcladores de material de la planta industrial Tigre S.A., así como las alternativas de mejoramiento, su diseño y desarrollo, basado en un sistema automatizado mediante PLC.

Todo esto en base a la reutilización de la mayoría de equipos, y en un desarrollo paralelo para no ocasionar paradas operativas.

2.1 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO

Para el inicio de cualquier intervención en un sistema eléctrico o afín, es primordial conocer el funcionamiento previo del equipo o proceso productivo y las variables de proceso que intervienen en todas sus etapas, principalmente del sistema de control en el caso de tratarse de un sistema de automatización.

El conocer la maquinaria y el proceso completo garantiza el desarrollo del nuevo sistema será óptimo y acorde a lo requerido exactamente por la empresa.

2.1.1 ANÁLISIS DEL ANTIGUO SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL

Analizando todo el proceso ya sea por su operación técnica y su sistema de control se puede identificar los puntos críticos y falencias del proceso productivo. Con lo cual se verifica el estado real de las instalaciones eléctricas de fuerza y control en la etapa de MIXERs de materia prima.

Ambos mezcladores poseen características de funcionamiento similares, pero existen diferencias determinantes como sus capacidades de carga, dispositivos instalados, equipamiento eléctrico y neumático, casa comercial de fabricación. Lo que los convierte en dos equipos de operación y funcionamiento diferentes.

Como se puede especificar el primer mezclador es de fabricación Italiana de marca Plasmec y el segundo mezclador es de fabricación China de marca Zhanjiangang respectivamente.

En la actualidad existen etapas de control que son netamente electromecánicas las cuales generan un índice de confiabilidad muy baja y hace más susceptibles a los procesos dependientes de los mismos.

Previo al diseño del sistema de control se debe estudiar el funcionamiento actual del proceso y así poder definir las diferentes mejoras que se le puede dar al mismo.

El proceso actual de preparación de la mezcla de materia prima para la fabricación de tubería PVC se resume continuación:

1. Ingresa la resina PVC en sacos de 1000 Kg sobre una tolva que en su base cuenta con un tornillo para transportar el material (la resina cae por gravedad a través de una válvula sobre el tornillo).
2. El tornillo con la ayuda de un Blower transporta la resina PVC hacia uno de los 2 mezcladores (Plasmec y Shanziangian) que es previamente seleccionado por los operadores a través de válvulas. La cantidad de resina transportada al mezclador es ajustada por temporizadores seteados en un rango de 60 a 150 segundos dependiendo de las características de la resina y de la capacidad del mezclador.
3. El operador enciende manualmente el motor del mezclador y a través de un pirómetro que cuenta con un Display observa la temperatura a la que se encuentra la resina PVC. Cuando la temperatura de la resina PVC llega a los 60 grados el operador añade estabilizante, posteriormente a los 80 grados añade el Carbonato de Calcio. Finalmente a los 120 grados se realiza la descarga de la mezcla al enfriador.
4. El operador enciende el motor del enfriador, la temperatura de la mezcla se puede apreciar a través de un pirómetro dotado de un Display. En esta última etapa la mezcla se enfría hasta los 40 grados y se procede a su descarga sobre

el silo para su almacenamiento y consumo.

El proceso descrito anteriormente es el mismo que se utiliza para la preparación de la mezcla para la fabricación de tubería de presión, desagüe, ventilación y ducto eléctrico donde varían las cantidades de resina PVC, carbonato y estabilizante. A continuación se detalla la formulación que se utilizara en el proceso:

	Tipo de Tubería			
	Presión	Desagüe	Ventilación	Ducto eléctrico
Resina PVC	0,9 pu	0,7 pu	0,7 pu	0,7 pu
Carbonato	0,05 pu	0,2 pu	0,2 pu	0,2 pu
Estabilizante	0,025 pu	0,05 pu	0,05 pu	0,025 pu
Pigmento Azul	0,015 pu			
Pigmento Negro	0,01 pu			
Pigmento Blanco		0,05 pu	0,05 pu	
Pigmento Naranja				0,05 pu

Tabla 2-1 Formulación De Mezcla en Tigre S.A. ¹¹

Todo el sistema está conformado por tres etapas principales:

- Primera etapa o Balanza.
- Segunda etapa o Mezclador Plasmec
- Tercera etapa o Mezclador Chino.

2.1.1.1 BALANZA

Es la etapa inicial para el proceso de pesaje, es decir donde se inicia el proceso operativo para los mezcladores de la planta.

Originalmente esta etapa del proceso no existió debido a que los ingresos de materia prima en los mezcladores eran netamente manuales, y debían ser pesados

¹¹ Tabla de formulación para cada receta en los mezcladores de Tigre S.A.

externamente para luego ser ingresados a una cámara de almacenamiento previo a su envío hacia la tolva del mezclador Plasmec solamente, de donde es originario.

El envío de materia prima se lo realiza mediante un Blower neumático, y una esclusa dosificadora que permite sellar la evacuación de materia prima inerte de presión por el lado de la cámara y conectada por medio de tuberías hacia la tolva del mezclador y Blower por el otro.



Figura 2-1 Válvulas de apertura de paso de resina

En la cámara de envío de materia prima se encuentran filtros de aire los cuales debido a las características del material (resina PVC) se obstruyen fácilmente, causando que el tiempo de envío sea elevado, para lo cual existen un Blower de auto limpieza y válvulas neumáticas de soplado que permiten limpiar los filtros frecuentemente sin necesidad de desmontarlos y aumentando también su tiempo de funcionalidad y operatividad. Este proceso de igual forma se realizaba manualmente, incluso era desconocido en los operadores debido a la no inclusión de esta etapa en el sistema de control operante actual.

Finalmente se decide realizar una adaptación mecánica y neumática para que el envío sea posible a dos mezcladores en lugar del uno para el que fue diseñado originalmente. Colocando además un tornillo dosificador de material hacia la cámara de almacenamiento desde una tolva en forma de balanza (tolva cónica) donde era ingresada la materia prima (resina PVC) por los operadores controlando el ingreso de resina por el conteo de sacos ingresados en la tolva.

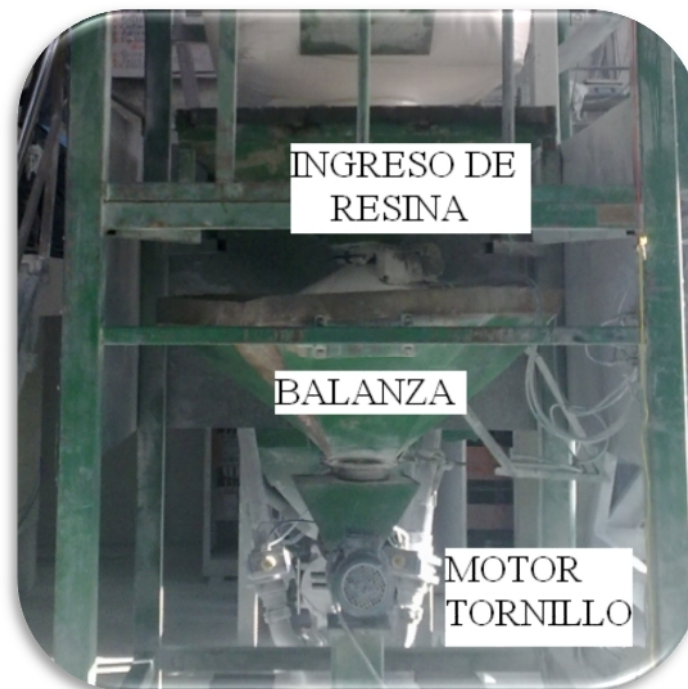


Figura 2-2 Estructura de la balanza de Resina.

Cada saco de materia prima es de 25 Kg, pero está siempre expuesto a errores debido a que el conteo e ingreso se lo hace por el personal humano.

Finalmente debido a la compra de materia prima en sacos de mayor capacidad (1000 kg) se dificultó el pesaje individual para cada mezclador, implicando un trabajo más fuerte y de mayor demora. Erróneamente el sistema fue modificado para que su envío sea por tiempo mas no por la cantidad ingresada. Con todo esto el proceso se torna más inexacto y no se logra controlar el proceso desencadenando problemas en áreas de producción principalmente.

El proceso de dosificación de materia prima se realiza tanto para el mezclador Plasmec como para el Mezclador Chino.

2.1.1.2 MIXER PLASMEC

El primer mezclador operativo es de marca Plasmec, con una capacidad de 150 kg de carga de resina es el más pequeño de los dos mezcladores en estudio.

Su fuente principal de alimentación está dada a 220 VAC / 60 Hz, tanto para la etapa de fuerza como para la etapa de control, en esta última etapa también se encuentran 24 VDC para la alimentación de dispositivos de control y relés.

Eléctricamente está constituido por dispositivos de accionamiento manual como selectores, pulsadores, adicional cuenta con controladores de temperatura, los cuales actúan como únicos dispositivos de interfaz entre la máquina y el operador. En esta etapa de control es donde están acoplados como dispositivos de entradas a un micro PLC Direct Logix, que limita su capacidad de operación automática, debido a la necesidad de la interacción del personal en todo el proceso de mezclado de materia prima.

Existen dos tableros de control los cuales están eléctricamente conectados, el cableado es excesivo y está deteriorado por su tiempo de uso y por el ambiente de trabajo al que están expuestos. Entre los equipos que se encuentran operando se pueden anotar los siguientes:

Motor de descarga de la tolva

Este motor es el que facilita la descarga de la resina que esta previamente almacenada en la tolva del mezclador Plasmec. La potencia de este equipo es de 3HP.



Figura 2-3 Motor de descarga de materia prima

Válvula de descarga de resina de la tolva

Esta es la compuerta que permite la caída directa desde la tolva de almacenamiento hacia la olla de cocción Plasmec.



Figura 2-4 Válvula de descarga de materia prima Mixer Plasmec

Motor principal Olla

Es el motor principal del mezclador, ejerce la principal fuerza motriz para la cocción del material, de tipo Dahlander (motor de dos velocidades) es la carga de mayor consumo en todo el mezclador Plasmec. La potencia del motor es de 120 HP.



Figura 2-5 Motor principal de la olla Plasmec

Válvula de descarga de la olla

Esta es la compuerta que permite la caída directa de la materia prima ya cocida desde la olla hacia el enfriador Plasmec.



Figura 2-6 Válvula de descarga a enfriador Plasmec

Motor del Enfriador

Este motor permite la rotación de material para su enfriamiento en el enfriador Plasmec. La potencia de este motor es de 20 HP



Figura 2-7 Motor Enfriador Plasmec

Motor elevador salida

Este motor que permite que la materia prima ya enfriada caiga en los big bag para su transporte a las líneas de producción, su potencia es de 3HP.



Figura 2-8 Elevador de salida del Producto mixer Plasmec

En la etapa de fuerza los elementos controlados son energizados por medio de un sistema electromecánico basado en contactores, y temporizadores electromecánicos. Utilizando en su mayoría arranques directos y a velocidades fijas, no así en el motor principal donde debido al tipo de motor (Dahlander) y la funcionalidad que presta en cuanto a las velocidades se requiere un arranque diferente, simple y electromecánico.

Las diferentes recetas que se deben realizar en este mezclador responden a los siguientes productos:

- Tubería de presión.
- Tubería de desagüe.
- Tubería de ventilación.
- Tubería para ducto.
- Paradera.

2.1.1.3 MIXER CHINO

El segundo mezclador operativo es de marca Zhanjiangang con una capacidad de 250 kg de carga de resina es el más grande de los dos mezcladores en estudio. Su fuente principal de alimentación está dada a 380VAC / 60 Hz, para la etapa de fuerza y 220 VAC/ 60 Hz para la etapa de control, 24 VDC para la alimentación de dispositivos de control y relés. Al igual que en el mezclador Plasmec (ver ítem “2.1.1.2 Mixer Plasmec”), la interfaz con el usuario se limita a elementos electromecánicos.

Existe un solo tablero de control, el cual controla el mezclador solamente, debido a que el envío y carga de resina desde la cámara se lo realiza desde el mezclador Plasmec, lo cual lo liga directamente en cuanto a la operatividad y lo hace dependiente de otro proceso. Entre los equipos que se encuentran operando se pueden anotar los siguientes:

Válvula de descarga de resina de la tolva

Esta es la compuerta que permite la caída directa desde la tolva de almacenamiento hacia la olla de cocción del mixer Chino.



Figura 2-9 Tolva de carga de resina mixer Chino

Motor principal Olla

Es el motor principal del mezclador, ejerce la principal fuerza motriz para la cocción del material, es la carga de mayor consumo en todo el mezclador chino. La potencia del motor es de 150 HP.



Figura 2-10 Motor principal Mixer Chino

Válvula de descarga de la olla

Esta es la compuerta que permite la caída directa de la materia prima ya cocida desde la olla hacia el enfriador del mixer Chino.



Figura 2-11 Válvula de descarga hacia enfriador Mixer Chino

Motor del Enfriador

Este motor permite la rotación de material para su enfriamiento en el enfriador. La potencia de este motor es de 30 HP.



Figura 2-12 Enfriador Mixer Chino

Motor elevador del Enfriador

Este motor permite la salida de materia prima desde el enfriador hacia los sacos de almacenamiento. La potencia de este motor es de 5 HP



Figura 2-13 Elevador de salida Mixer Chino

La etapa de fuerza se basa en un sistema electromecánico al igual que en el mixer Plasmec, no así en el motor principal donde debido al tipo de motor (Dahlander), su potencia y la funcionalidad que presta en cuanto a las velocidades se requiere un arranque, por medio de autotransformador y 6 contactores.



Figura 2-14 Tablero antiguo de control mixer Chino

Las diferentes recetas que se deben realizar en este mezclador responden a los siguientes productos:

- Tubería de presión.
- Tubería de desagüe.
- Tubería de ventilación.
- Tubería para ducto.

2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE PROCESO

Entre los pasos iniciales y más importantes para la realización de un proyecto eléctrico que conlleve automatizar o desarrollar el sistema de control siempre está la identificación de las variables de proceso, es decir en este caso todo lo que está involucrado en el proceso de mezcla y los que se incluirán en el sistema de pesaje.

Estos son primordiales para saber que servirá de los tableros antiguos y serán reutilizados para el nuevo sistema de control. Para ello es necesario conocer previamente el funcionamiento de cada uno de los equipos y su operación individual y colectivamente.

2.1.3 RESULTADOS

Con la inspección en el campo se logra identificar las siguientes variables y señales para el nuevo sistema de control a ser aplicado en La etapa de mezcla y pesaje.

Señales y su simbología utilizada en el proceso.

Paro De Emergencia Balanza	EMER_1
Nivel Resina Balanza	LS_1
Térmico Motor1 Ingreso Resina	E_M1
Térmico Motor2 Cadena	E_M2
Térmico BLOWER1	E_BLOWER
Térmico BLOWER2	E_BLOWER2
Térmico Compresor Auto Limpieza	E_M3
Activación Blower Interno Filtro	ACT_BLOW_FILTRO
Activación Auto Limpieza De Mangas	ACT_AUTOLIMP_FILTRO
Reconocer Alarma	RESET
Paro De Emergencia PLASMEC	EMER_2
Abrir Olla Manual	ACT_1
Confirmación De Carga De Aditivos Manual	ACT_2
Abrir Compuerta Descarga De Tolva	ACT_3
Reserva	ACT_4
Detector Cerrado Pistón Descarga Tolva	LS_2
Detector Magnético Tapa Olla Tapa	LS_3
Detector Pistón Descarga Olla Cerrada	LS_4
Detector Material En Tolva (Rotativo9	LS_5
Microswitch Pistón Descarga Enfriador	LS_6
Detector Magnético Tapa Enfriador	LS 7

Detector De Presión De Aire	LS 8
Térmico Motor Principal	E_M4
Térmico Motor Enfriador	E_M5
Térmico Motor Elevador Salida Enfriador	E_M6
Térmico Motor Descarga	E_M7
Paro De Emergencia CHINO	EMER_3
Activación Abrir Olla Manual	ACT_17
Confirmación De Carga De Aditivos Manual	ACT_18
Abrir Compuerta Descarga De Tolva	ACT_19
Activación Abrir Enfriador	ACT_20
Detector Cerrado Pistón Descarga Tolva	LS_10
Detector Magnético Tapa Olla	LS_11
Detector Pistón Descarga Olla Cerrada	LS_12
Detector Material En Tolva	LS_13
Microswitch Pistón Descarga Enfriador	LS_14
Detector Magnético Tapa Enfriador	LS_15
Detector De Presión De Aire	LS_16
Térmico Motor Principal	E_M21
Térmico Motor Enfriador	E_M22
Térmico Motor Elevador Salida Enfriador	E_M23
Térmico Motor Descarga	E_M20

Tabla 2-2 Simbología de entradas

Entradas analógicas

TC_1	termocupla olla	AIW0	PLASMEC
TC_2	termocupla enfriador	AIW2	PLASMEC
TC_3	termocupla olla	AIW4	CHINO
TC_4	termocupla enfriador	AIW6	CHINO
AI 1	Corriente M21	AIW8	CHINO
AI 2	Velocidad M21	AIW10	CHINO

Tabla 2-3 Simbología entradas analógicas

Salidas y asignación de simbología.

Sirena o licuadora	FALLA PRESENTE
Pistón Ingreso Rápido Resina	BAL_PISTON_INRAP
Pistón Ingreso Lento Resina	BAL_PISTON_LENTO
Pistón Salida Resina	BAL_PISTON_SALIDA
Motor M1 Ingreso Resina	BAL_M1
Motor M2 Cadena	BAL_M2
Motor Blower1	BAL_BLOWER
Válvula Salida A Mixer 1 Con Resina	VALV_MIX1
Válvula Salida A Mixer 2 Con Resina	VALV_MIX2
Válvula Salida A Mixer 3 Con Resina	VALV_MIX3
Válvula Retorno Presión Mixer1	VALV_RET_MIXER1
Blower Filtros	BAL_M3
Válvula Auto limpieza Filtros	BAL_AUTOLIMPIEZA
Válvula Retorno Presión Mixer2	VALV_RET_MIXER2
Válvula Retorno Presión Mixer 3	VALV_RET_MIXER3
Plas_M7	Motor descarga tolva Plasmec
Plas_Ev_Desc_Tolva	Pistón descarga tolva Plasmec
Plas_M4_Vel1	velocidad 1 motor principal
Plas_M4_Vel2	velocidad 2 motor principal
Plas_Ev_Master	Pistón válvula ingreso master
Plas_Ev_Carbonato	Pistón válvula ingreso carbonato
Plas Licuadora Aviso Aditivos	licuadora de aviso para carga aditivos
Sirena Falla De aditivos	sirena falla aditivos
Plas_Ev_Open_Olla	Abre tapa olla
PLAS_EV_DESC_OLLA Abrir	abre compuerta descarga olla
Plas_Ev_Tapa Enfriador	Pistón tapa enfriador
Plas Ev Descarga Enfriador	Pistón descarga salida del enfriador
Plas_M5	Motor enfriador
Plas_M6	motor elevador de salida
Reserva	
Ch_M20	Motor descarga tolva CHINO
Ch_Ev_Desc_Tolva	Pistón descarga tolva CHINO

Ch_M21_Vel1	velocidad 1 motor principal
Ch_M21_Vel2	velocidad 2 motor principal
Ch_Ev_Master	Pistón válvula ingreso master
Ch_Ev_Carbonato	Pistón válvula ingreso carbonato
Ch Licuadora Aviso Aditivos	licuadora de aviso para carga aditivos
Sirena Falla De Aditivos	sirena falla aditivos
Ch_Ev_Open_Olla	Abre tapa olla
CH_EV_DESC_OLLA Abrir	abre compuerta descarga olla
Ch_Ev_Tapa Enfriador	Pistón tapa enfriador
Ch Ev Descarga Enfriador	Pistón descarga salida del enfriador
Ch_M22	Motor enfriador
Ch_M23	motor elevador de salida

Tabla 2-4 Simbología salidas digitales

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En la actualidad la industria ha optado por la utilización de PLCs, por su robustez y confiabilidad en ambientes industriales, las facilidades de programación y la compatibilidad que poseen estos equipos para comunicarse e interconectarse entre dispositivos de diferentes marcas y ser controlados desde diferentes fuentes remotas o locales según sea el caso.

Antiguamente se utilizaban sistemas electromecánicos y grandes tarjetas electrónicas para realizar el control de procesos en la industria plástica principalmente, lo cual dificultaba el mantenimiento y reparación de las mismas. Con la utilización de PLCs se ha reducido la cantidad de equipos a utilizar en procesos industriales y por ende reduciendo costo en equipos, también se ha logrado reducir el espacio físico del sistema de control.

En el programa del PLC se ejecutan todas las secuencias y condiciones de funcionamiento de cada una de las etapas del proceso de mezcla y pesaje en base a

estados de sensores, y varios elementos actuadores así como variables y seteos de usuario.

2.2.1 INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS APLICABLES Y MEJORAS

Para que en el proceso de mezcla se garantice la formulación se debe incluir una etapa de pesaje de resina PVC utilizando las proporciones descritas para cada uno de los mezcladores. Es importante la implementación de un dispositivo que determine la necesidad de resina PVC a cada uno de los mezcladores y la coordinación de cada uno de los elementos necesarios para su respectivo transporte (motores, válvulas, etc.).

Por otra parte la etapa de cocción necesita un monitoreo constante (HMI) de temperatura para así adicionar los aditivos a la mezcla (carbonato, estabilizante, pigmentos).

La etapa de descarga de la mezcla ya preparada debe realizarse en forma automática una vez terminado el proceso de enfriamiento. Es necesaria la inclusión de microswitch y sensores para la detección de la activación de válvulas, tapas de protección y las señales de falla en guarda motores en cada etapa del sistema de pesaje y mezcla. En lo que respecta a los requerimientos del nuevo sistema de control, se ha establecido lo siguiente:

- Superar las deficiencias detectadas en el sistema anterior.
- Facilitar la operación y ajuste de variables de proceso.
- Automatizar todo el proceso y disminuir el trabajo humano.
- Facilitar el cambio de recetas.
- Proporcionar un aviso de mensajes de texto en el HMI para el aviso de fallos y alarmas y su ubicación.

Esto ocurre a nivel industrial en general donde las industrias que vienen trabajando hace varios años a sabiendas que su sistema ha cumplido su ciclo de trabajo óptimo, se han visto en la necesidad de realizar estudios técnicos para posibles mejoras o remodelaciones. Siempre y cuando sea factible la readecuación de equipos, y las

funcionalidades que estos sistemas brindan, justifiquen su desarrollo, aunque no siempre resulta la mejor opción para determinados procesos pues inclusive suele ser en determinados casos la mejor alternativa el recambio completo de equipos o de todo el proceso productivo.

2.2.1.1 ESTUDIO Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA HMI

Para el control y monitoreo es necesario la implementación de una interfaz gráfica que nos brinde todas las facilidades de operación y mejoras necesarias en el proceso de Pesaje y Mezcla descritas en el ítem “1.4.1 Necesidades Operativas”. Un sistema HMI contara de elementos como son:

2.2.1.1.1 Interfaz Hombre Maquina – HMI

La interfaz Hombre – Máquina más conocida por sus siglas en inglés HMI (Human Machine Interface), es la interfaz desarrollada por medio de un software dedicado como LABVIEW.

Esta interfaz es la que permite actuar con el proceso, es donde se visualiza el proceso en tiempo real y generalmente se trata que la interfaz sea lo más parecida posible al proceso real en el campo. Esto ayuda que el proceso sea amigable y potente en cuanto a su operatividad.

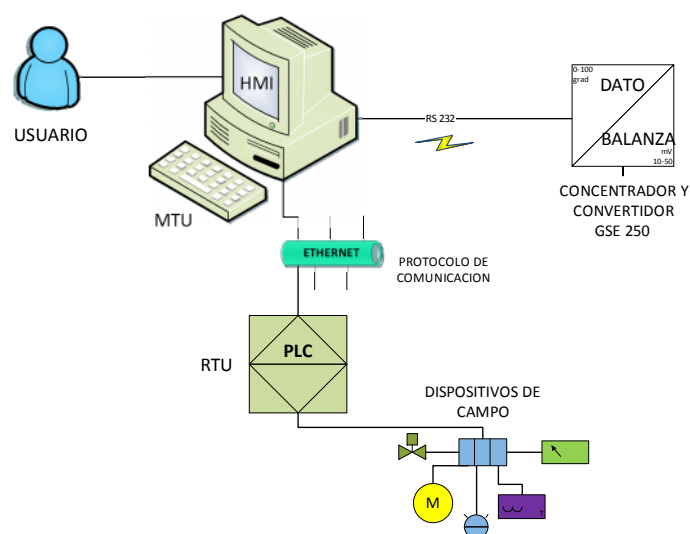


Figura 2-15 Sistema HMI Propuesto

2.2.1.1.2 Unidad Terminal Maestra – MTU

En un sistema de control HMI, las MTU son equipos de control global que recogen y administran toda la información de las variables del proceso, es también donde se ejecuta la interfaz gráfica es decir donde se procesa los datos necesarios para configurar el proceso de control.

Además esta unidad gestiona los niveles de acceso a la información de recetas y usuarios en general y el control de los dispositivos actuadores y de campo comunicándose con la o las unidades remotas en el proceso general de control.

2.2.1.1.3 Unidad Terminal Remota - RTU

Son los dispositivos controladores en si del proceso, está vinculado directamente con las Unidades terminales maestras que mediante un sistema de comunicación previamente configurado enviara datos y estados en tiempo real la unidad maestra.

En procesos de automatización estos son los PLCs que están en la industria misma, lo más cerca del proceso posible obteniendo los valores reales del proceso por medio de sensores, actuadores, y otras unidades remotas previamente configuradas de ser el caso.

2.2.1.1.4 Sistema De Comunicaciones

El sistema de comunicaciones es primordial en un sistema HMI debido a que por este medio el RTU (el PLC es este caso) transmite los datos hacia la Unidad Terminal Maestra (MTU) para su visualización y monitoreo en la interfaz HMI y también la conexión con otros dispositivos de campo que conformen el sistema.

Existen en la industria varios protocolos de comunicación que son estandarizados para su fácil implementación entre los que podemos destacar:

- RS – 485
- RS – 232
- Ethernet

- Profibus
- Modbus
- Otros.

2.2.1.2 INDUSTRIAL ETHERNET (IEEE 802.3)

Es el estándar internacional para la interconexión en redes de áreas, actualmente es el número uno en todo el mundo entre las redes LAN.

La norma IEEE 802.3 es el estándar que define el modo en que las estaciones dentro de la red envían y reciben los datos sobre un medio físico compartido, independientemente de su configuración física.

A través de Industrial Ethernet se pueden construir redes de comunicación de gran extensión y alto rendimiento.

A medida que ha pasado el tiempo se ha incrementado su velocidad de transferencia que inicialmente fue de 10Mbit/s sobre cable coaxial, desde entonces se ha mejorado mucho en cuanto a velocidades de transmisión que van desde 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y mayores velocidades a futuro, con 40 Gbps y hasta 100 Gbps.

Mejorando además el medio de transmisión dejando de lado el uso de cables coaxiales, utilizando el cable UTP (en español "par trenzado no blindado")

Ventajas

- Puesta en marcha rápida gracias a un sistema de conexión y cableado sencillo.
- Alta disponibilidad; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.
- Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado.
- Comunicación a escala corporativa gracias a la posibilidad de acoplamiento por WAN (Wide Área Network).

- Flexibilidad gracias a la ampliación sin cables con Industrial Wireless LAN (IWLAN).

Para el manejo del protocolo de Ethernet Industrial se implementó la extensión RFC¹²1006, la cual adicionó las propiedades de transporte ISO¹³ al protocolo TCP.

Con la implementación de esta extensión se tienen las ventajas que presenta la transferencia de datos orientada a paquetes del protocolo ISO, además de habilitar todas las propiedades de transporte que posee TCP, como es el caso de la funcionalidad de Routing o enrutamiento de los paquetes de datos.

El protocolo ISO-on-TCP también se basa en el nivel 4 del modelo de referencia ISO-OSI y define el puerto 102 como puerto por defecto para la transferencia de datos.

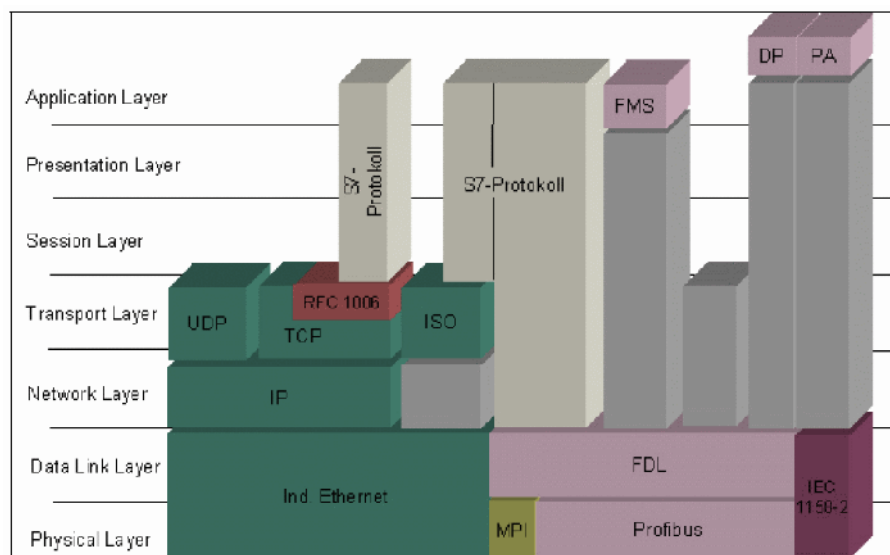


Figura 2-16 ISO en TCP - Ampliación RFC 1006¹⁴

¹² Request For Comment

¹³Primer protocolo de transporte basado en el nivel 4 del modelo de referencia ISO-OSI de Ethernet para SIMATIC, se basa en el protocolo definido por la norma ISO 8073 TP0.

¹⁴Extracto de la figura de la pagina

https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/dm1mda1aaaa_26582267_faq/net_iso_protokoll_01.gif

Este protocolo se puede utilizar en los módulos actuales de SIMATIC S7, SIMATIC PC y SIMATIC S5.

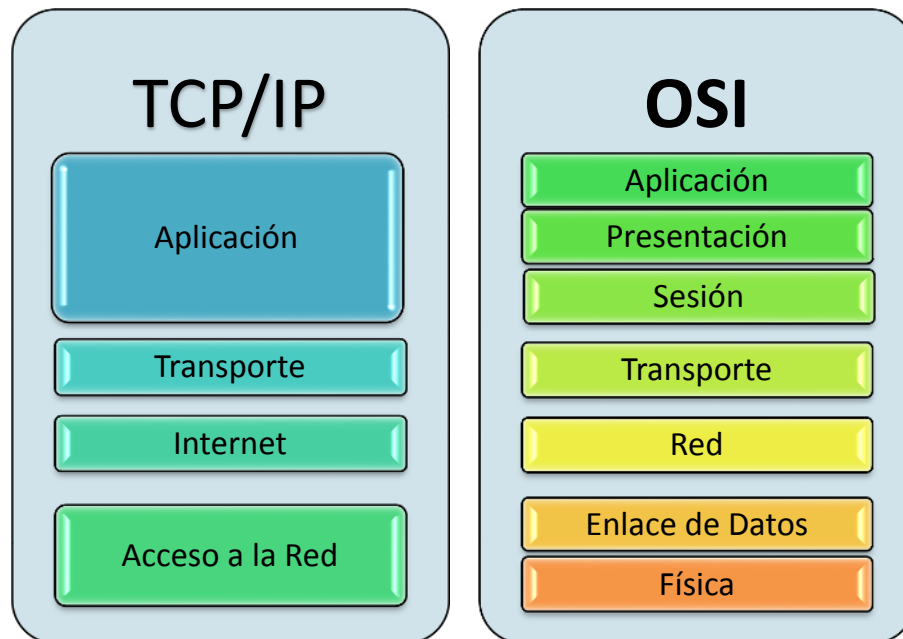


Figura 2-17 Modelo TCP/IP Y Modelo OSI¹⁵

Industrial Ethernet además brinda la facilidad de interconexión con otros dispositivos de diferentes tipos de fabricantes que posean un puerto apto para manejar este protocolo.

La capa de aplicación permite al usuario interactuar con el sistema es decir Los protocolos más comunes que se pueden encontrar en esta capa son:

- HTTP (Hyper Text Transport Protocol)
- POP (Post Office Protocol)
- DNS (Domain Name System)
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- TFTP (Trivial File Transport Protocol)
- HTTPS (Hyper Text Transport Protocol Secure)

¹⁵ OSI (Open System Interconnection)

Para la capa de transporte, Industrial Ethernet utiliza el protocolo de la familia TCP/IP o UDP/IP para la realizar transferencia de datos. Donde está la extensión RFC

- RFC 793 – TCP (Transport Control Protocol)
- RFC 791 – IP (Internet Protocol)

En la capa de internet se direccionan los datos, es decir donde se encaminan o enrutan los datos hacia los puntos de la red, manejando protocolos conocidos como:

- IP (Internet Protocol)
- IPv4

La capa de acceso a la red está vinculada al modelo OSI con la capa de enlace de datos, y la capa física, es decir todo los medios físicos posibles para lograr que exista comunicación y acceso a la red, con protocolos comunes como:

- Ethernet IEEE 802.3
- Wi-Fi IEEE 802.11
- FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
- MAC (Medium Access Control)

2.2.1.3 COMUNICACIÓN SERIAL (RS 232)

La comunicación serial es un proceso de envío de datos en forma secuencial a través de un canal de comunicación. El protocolo utilizado para la comunicación serial es el RS-232 y es uno de los métodos más comunes. El cable para realizar la comunicación serial es apantallado y además debe contar en sus extremos con conectores DB9. El conector recibe este nombre porque tiene forma de “D” y posee 9 pines.

La comunicación serial es asíncrona pero necesita un bit inicial de sincronización el emisor y el receptor estructuran la comunicación de la siguiente manera:

Velocidad de Transmisión

La velocidad de transmisión se mide en bits por segundo o baudios. Por ejemplo 9600 baudios representan 9600 bits por segundo. La velocidad de transmisión se debe configurar en función de la distancia ya que a mayor velocidad menor distancia llegando a obtener así distancias de 15m.

Bit inicio

Este bit le indica al receptor que puede empezar a leer los datos transmitidos

Bit Parada

Este bit le indica al receptor que ha finalizado la transmisión de una palabra de datos.

Bit Paridad

Este bit permite detectar errores en el dato transmitido. Si la paridad es par el bit tendrá un valor de “0” mientras que si es impar tendrá un valor de “1”. Esto permite detectar anomalías como ruido o falta de sincronización en el canal.

Las señales con las que trabaja el puerto serial son digitales. El 0 lógico tiene un valor de 12V mientras que el 1 lógico tiene un valor de -12V.

Cada uno de los pines tiene una función determinada aunque los más importantes son 5, 2 y 3.

PIN	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1		Tierra de Chasis
2	RX	Recepción de datos
3	TX	Transmisión de Datos
4	DTR	Terminal de datos listo
5	SG	Tierra de Señal
6	DSR	Conjunto de datos listo
7	RTS	Solicitud de envío
8	CTS	Libre para envío
9	RI	Timbre telefónico

Tabla 2-5 Pines del conector DB 9

La conexión serial de los dispositivos a comunicar se realiza de la siguiente manera tomando en cuenta el intercambio de pulsos de sincronización que es utilizado para evitar problemas de sobrecarga de información aunque para algunas aplicaciones es suficiente la conexión de tres líneas es decir TX, RX y GND.

PC 1		PC 2	
2	RX	3	TX
3	TX	2	RX
4	DTR	6	DSR
5	SG	5	SG
6	DSR	4	DTR
7	RTS	8	CTS
8	CTS	7	RTS

Tabla 2-6 Conexión para comunicación entre dos dispositivos

2.2.2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE

Para el desarrollo del nuevo sistema de control y monitoreo, los equipos a utilizarse deben ser estudiados y seleccionados acorde a las necesidades operativas del proceso, características técnicas, y costos de cada uno de ellos.

2.2.2.1 SELECCIÓN DE LA PC – MTU

Para el desarrollar la interfaz (HMI), se cuenta con un computador que presenta las siguientes características:

- Computador Intel Dual Core
- 2.4 GHz Procesador
- 2 Gb de RAM
- 80 Gb Disco Duro,
- Windows XP Professional SP2 (Sistema Operativo Instalado)



Figura 2-18 CPU utilizado en el sistema HMI¹⁶

Este PC cumple satisfactoriamente los requerimientos necesarios para desarrollar el Sistema de Pesaje y Mezcla, en el Entorno LABVIEW Versión 2010.

¹⁶<http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRtoP6Ko3b2bFSOcQih29Q0awlpPnvJ5f9C42cj pGf7K2zBiH0rsQ>

2.2.2.2 SELECCIÓN DEL PLC - RTU

Para la selección de los equipos a incluir en el sistema automatizado, es necesario revisar puntos de interés fundamentales tanto en la etapa operativa como los costos y confiabilidad de los equipos.

Para el dimensionamiento y selección del PLC se tomó en cuenta los siguientes puntos.

- Requerimientos del sistema.
- Instrumentación disponible (Cable de Programación PC-ADAPTER MPI)
- Número de entradas y salidas requeridas.
- Comunicación con el sistema HMI
- Reservas para incorporaciones futuras.
- Costos y operatividad.

En la planta industrial de Tigre S.A. los equipos predominantes son los controladores SIEMENS, siendo una certeza el mantener esta normalización pretendida por el personal de mantenimiento en mencionada industria.

La CPU normalmente incluida en la maquinaria existente es la S7-200 / CPU 226 DC, por lo cual no hay mucho que variar en cuanto a las necesidades operativas requeridas para el proceso del nuevo sistema de mezcla y pesaje en cuanto a capacidad del controlador se refiere, además en el caso de falla o reposición de un CPU dañado o uno de sus módulos sea de entradas o salidas, será de manera más oportuna por el stock existente en caso de requerirlo.

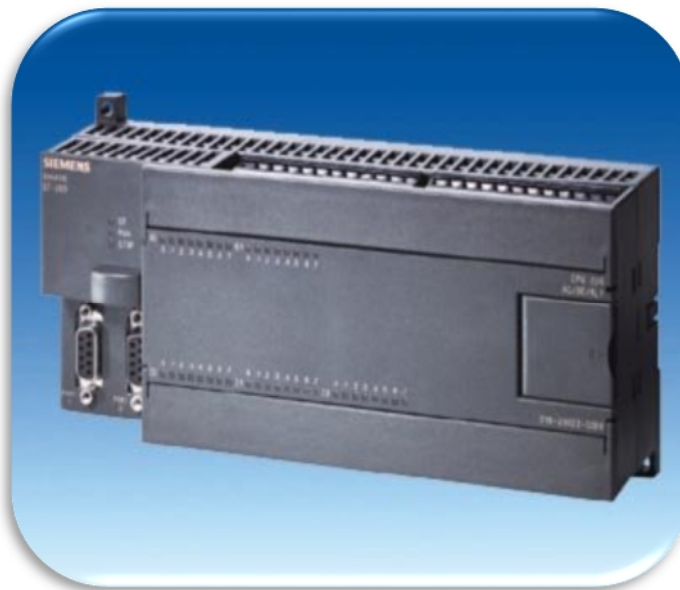


Figura 2-19 PLC Siemens S7 200 CPU 226¹⁷

Quedando así establecido el uso del PLC S7-200 CPU 226 DC.

2.2.2.3 SERVIDOR OPC

La selección del servidor OPC¹⁸ es una de las decisiones más importantes para la adquisición de datos desde el PLC, ya este será quien maneje las conexiones que se realizan y los tiempos de actualización de variables en el controlador y el HMI.

Existe el antecedente de compra del software NI OPC SERVER 2010 por parte de la empresa Tigre Ecuador S.A. Determinando así el uso de esta utilidad para el proyecto de automatización y monitoreo del sistema de pesaje y mezcla.

2.2.2.4 SOFTWARE DE INTERFAZ

¹⁷<http://www.google.com.ec/imgres?q=cpu+s7+200+226&hl=es&gbv=2&tbm=isch&tbni>

¹⁸ OLE For Process Control

La selección del software para el desarrollo de la interfaz es una de las herramientas que ya están preestablecidas utilizarlas debido a la tenencia de la licencia de la utilidad OPC de National Instruments, con anterioridad.

En base al software de comunicación y para no tener problemas de incompatibilidad y gracias a la facilidad de programación que brinda el lenguaje grafico queda establecido el uso de LabVIEW.

2.2.3 ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE PESAJE

El sistema de pesaje a implementar es un conjunto de componentes electrónicos y mecánicos que deben ser debidamente elegidos y coordinados para obtener una correcta lectura con la máxima precisión posible.

2.2.3.1 TIPOS DE BALANZA

Balanzas Mecánica

Está constituida por varias palancas que reducen la fuerza aplicada a un rango compatible con la barra graduada de la balanza o indicador giratorio.

La precisión de estas balanzas puede llegar hasta el 0.3% de la carga con rangos de mediciones en gramos que lo hace ideal para uso en laboratorios ya que casi no presentan margen de error.

Otra característica importante es su facilidad de uso ya que no se necesita de equipos muy sofisticados para su calibración y operación. Debido a las características técnicas anteriormente descritas las balanzas mecánicas siguen siendo una excelente opción y continúan funcionando en el mercado.

Balanzas Electromecánicas

Estos equipos combinan las palancas reductoras de una balanza mecánica con una celda de carga tipo tensión ubicada en la última palanca de fuerza que proporciona a

través de un indicador digital la lectura del peso. Debido a que tiene componentes móviles requieren un mantenimiento periódico y eventuales reemplazos de componentes.

Balanzas Electrónicas

Las balanzas electrónicas se caracterizan por tener una plataforma suspendida sobre múltiples celdas de carga que luego son concentradas en indicadores electrónicos.

Las celdas de carga son sensores de peso análogos que utilizan el principio de transformación de energía es decir que convierten la energía de la fuerza de gravedad en una corriente eléctrica que se puede determinar a través de comparaciones de voltaje.

Existen en el mercado una gran variedad de celdas de carga que varían en tamaño, material, forma, etc.

2.2.3.2 TIPOS DE CELDAS

Hidráulicas

Las celdas de carga del tipo hidráulicas miden el peso como un cambio de presión del líquido que llevan internamente. La fuerza aplicada a la celda de carga actúa directamente sobre un pistón que comprime el líquido y a su vez comprime una cámara que contiene el elastómero. La salida tiene un comportamiento lineal y su precisión puede llegar al 0.25% de la carga aplicada.



Figura 2-20 Celda de carga Hidráulica¹⁹

Neumáticas

Las celdas de carga neumáticas funcionan bajo el mismo principio que las hidráulicas es decir que contienen internamente cámaras de aire que son comprimidas por la carga aplicada. Se caracterizan por medir pesos relativamente pequeños aunque su velocidad de respuesta es baja.

Basadas en Galgas Extensio-métricas

Las galgas extensiométricas convierten la fuerza que actúa sobre ellas en señales eléctricas. Las galgas se unen a una parte de la estructura de la celda de carga que se deforma con el peso. La deformación de la galga extensiométrica cambia el valor de su resistencia eléctrica. La variación de la resistencia eléctrica es proporcional a la compresión o tensión a la que está sometida la celda de carga.

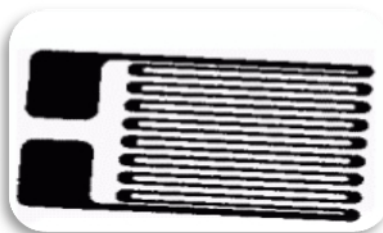


Figura 2-21 Celda de galgas Extensio métricas²⁰

¹⁹ http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/celda-de-carga-hidraulica-392969.jpg

Existen varios tipos de celdas de carga que funcionan en base a galgas extensiométricas y se clasifican en función de su forma, tamaño y método de medición.

Celda de carga de compresión

El rango de medición de estas celdas de carga va desde 11Kg hasta los 23000 Kg, se construyen de acero inoxidable y son diseñados para operar en superficies planas en ambientes industriales.

Celda de carga de tensión y compresión

Estas celdas de carga permiten medir tanto la tensión y la compresión en un rango que va desde 1Kg hasta los 450Kg.

Celda de carga de un solo punto

Se caracterizan por presentar lecturas precisas en forma independiente a la posición de la carga. El rango de medición va desde 2.3Kg hasta 230000 Kg. Por sus características anteriormente mencionadas son más costosas que otras celdas de carga.

Celda de carga de deflexión de viga

Consiste en una viga rectangular fijada sobre un punto, la carga que se aplica en el otro extremo flexiona la viga.

El rango de medición esta entre 45Kg y 45500Kg ideales para pesar tanques y camiones en procesos industriales.

Celda de carga con viga en forma de S

²⁰www.elet.itchiuahua.edu.mx/academia/jnevarez/proyectos/celda%20/image020.jpg

Deben su nombre a la forma de S que tiene su estructura. Pueden medir tanto la tensión y la compresión en un rango de 11Kg hasta los 18200 Kg.

2.2.3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para la aplicación se implementó una plataforma de 250 Kg de capacidad, con una celda de carga con viga en forma de S de 250 Kg. La plataforma está diseñada con una estructura que convierte el peso aplicado en tensión sobre la celda de carga.

La señal de la celda de carga es digitalizada a través de un concentrador GSE 250 y posteriormente escalada a LABVIEW por RS 232

CONCENTRADOR GSE – 250

Este dispositivo recibe la señal de la celda de carga y lo visualiza en un Display electrónico previo un escalamiento y calibración, es decir es una balanza electrónica, con una funcionalidad muy importante como lo es la transmisión del peso por protocolo RS-232, en tiempo real, algo de vital importancia a la hora de desarrollar el sistema de control del pesaje.

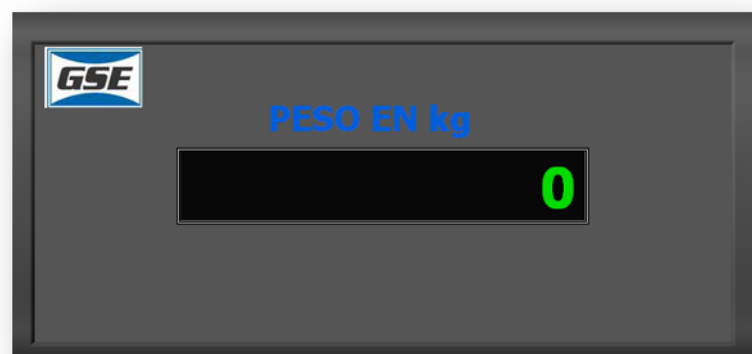


Figura 2-22 Balanza electrónica GSE-250

2.3 PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PLC

Para el desarrollo del programa principal en el autómata, es necesario conocer las características de la CPU, así como el enlace para su programación y el software con el que se realizara el programa, y el Hardware disponible para ejecutar el proyecto.

Para la comunicación inicial se dispone del cable PC ADAPTER USB de SIEMENS, este cable permitirá programar, configurar y monitorear el PLC y su programa grabado en el PLC desde un interfaz diferente a la que se manejara desde el HMI es decir no desde el protocolo Ethernet sino desde el mismo puerto incorporado en el PLC.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CPU

A continuación se muestra las principales características del PLC SIEMENS S7-200 CPU 226 Utilizado en este proyecto.

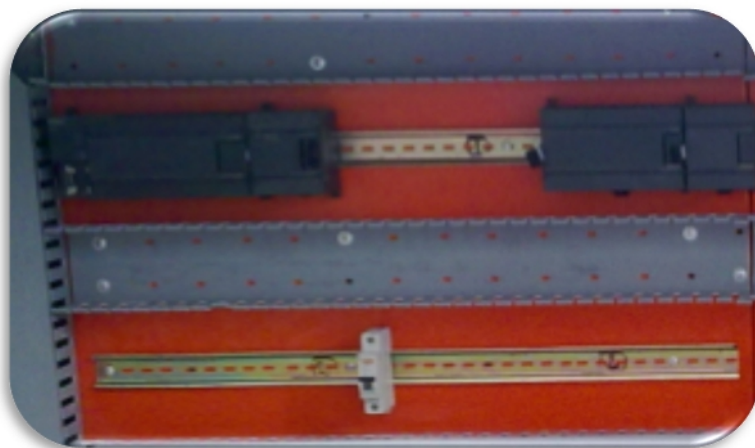


Figura 2-23 CPU utilizada en el Tablero de control

- Montaje, programación y uso particularmente fáciles.
- De alta escala de integración, requiere poco espacio potente.
- Aplicable tanto para los controles más simples como también para tareas complejas de automatización.
- Aplicable aislado, interconectado en red o en configuraciones descentralizadas.

- Con destacadas prestaciones de tiempo real y potentes posibilidades de comunicación (PPI, ETHERNET).
- Con puerto PPI adicional que proporciona más flexibilidad y posibilidades de comunicación.
- Con 40 entradas/salidas a bordo.
- Expandible con máx. 7 módulos de ampliación.

MÓDULO DIGITAL DE EXPANSIÓN EM223

Entradas/salidas digitales para complementar la periferia integrada de las CPUs.

Para adaptar flexiblemente el autómatas a la tarea respectiva y posteriormente la instalación con entradas/salidas adicionales.

Posee 16 entradas y 16 salidas digitales tipo transistor, gobernadas a 24 VDC.

2.3.2 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Para programar el PLC S7-200 se utiliza el software de programación STEP 7-Micro/WIN. En este proyecto se utilizó el editor tipo KOP (Esquema de contacto)


Editor KOP (Esquema de contactos)

El editor KOP (Esquema de contactos) de STEP7-Micro/WIN permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Los programas KOP hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada, que a su vez habilitan condiciones lógicas de salida. La lógica se divide en segmentos (“net Works”).

El programa se ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba abajo. Tras alcanzar la CPU el final de programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo. Las operaciones se presentan mediante símbolos gráficos que incluyen tres formas básicas.

—|^{bit} — **Contactos** Representan condiciones lógicas de “entrada” similares a interruptores, botones, condiciones internas, etc.

—(^{bit}) **Bobinas** Representan condiciones lógicas de “salida” similares a lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos, condiciones internas de salida, etc.

 **Cuadros** Representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

Funcionamiento del programa de control del S7-200

Cuando un programa se carga en la CPU y este se pone en modo RUN, la CPU ejecuta una serie de tareas de forma repetitiva. Esta ejecución se denomina ciclo, el S7-200 ejecuta la mayoría de tareas siguientes (o todas ellas) durante un ciclo.

- Leer las entradas: el S7-200 copia el estado de las entradas físicas en la imagen del proceso de las entradas.
- Ejecutar la lógica de control en el programa: el S7-200 ejecuta las operaciones del programa y guarda los valores en las diversas áreas de memoria.
- Procesar las peticiones de comunicación: el S7-200 ejecuta las tareas necesarias para la comunicación punto a punto o en la red.
- Efectuar el autodiagnóstico de la CPU: el S7-200 verifica si el firmware, la memoria del programa y los módulos de ampliación están trabajando correctamente.
- Escribir en las salidas: los valores almacenados en la imagen del proceso de las salidas se escriben en las salidas físicas.

Símbolos globales

En los programas SIMATIC, los símbolos globales se asignan utilizando la tabla de símbolos. En los programas IEC, los símbolos globales se asignan utilizando la tabla de variables globales. No es necesario asignar los símbolos antes de utilizarlos en el programa. La asignación de los símbolos se puede efectuar en cualquier momento.

Elementos básicos de un programa de control

El programa de control de una CPU S7-200 comprende los siguientes tipos de unidades de organización del programa (UOP):

- **Programa principal:** En el programa principal (denominado OB1) se depositan las operaciones que contra la aplicación. Las operaciones del programa principal se ejecutan de forma secuencial en cada ciclo de la CPU.
- **Subrutinas:** Una subrutina comprende un juego opcional de operaciones depositado en un bloque por separado que se ejecuta solo cuando se llama desde el programa principal, desde una rutina de interrupción, o bien desde otra subrutina.
- **Rutinas de interrupción:** Una rutina de interrupción comprende un juego opcional de operaciones depositado en un bloque por separado que se ejecuta solo cuando ocurre el correspondiente evento de interrupción.

Componentes del proyecto y su funcionamiento

Un proyecto comprende los siguientes componentes básicos:



Bloque de programa

Bloque de programa El bloque de programa incluye el código ejecutable y los comentarios. El código ejecutable comprende un programa principal (OB1), así como subrutinas y/o rutinas de interrupción (opcionales).

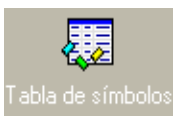


Tabla de símbolos

Tablas de símbolos: Las tablas de símbolos permiten utilizar el direccionamiento simbólico para la programación.



Tabla de estado

Tablas de estado: Las tablas de estado permiten observar los valores del proceso a medida que se ejecuta el programa de usuario.



Bloque de datos

Bloque de datos: El bloque de datos comprende datos (valores iniciales de memoria, valores de constantes) y comentarios.



Bloque de sistema: El bloque de sistema comprende los datos de configuración, tales como los parámetros de comunicación, las áreas remanentes, los filtros de las entradas analógicas y digitales, los valores de las salidas en n caso de un paso a STOP y las informaciones sobre la protección con contraseña. Las informaciones contenidas en el bloque de sistema se cargan en la CPU.



Referencias cruzadas: En la ventana de referencias cruzadas se pueden visualizar tablas donde figuran los operados utilizados en el programa, así como las áreas de memoria ya asignadas (bits o bytes usados). Mientras se está editando un programa en modo RUN también se pueden observar los números de los flancos positivos y negativos (EU, ED) que el programa está utilizando actualmente. Las referencias cruzadas y las informaciones sobre los bits y bytes usados no se cargan en la CPU.

2.3.3 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

Para iniciar hay que tener claro los aspectos principales y condiciones de funcionamiento que va a tener el sistema de control, así como las necesidades de comunicación y las variables requeridas en el programa obtenido en el levantamiento eléctrico, las asignaciones respectivas a cada entrada y salida y demás variables incluidas en el proceso.

Quedando la asignación de entradas y salidas de la siguiente manera.

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN PLC
EMER_1	Paro De Emergencia Balanza	I0.0
LS_1	Nivel Resina Balanza	I0.1
E_M1	Térmico Motor1 Ingreso Resina	I0.2
E_M2	Térmico Motor2 Cadena	I0.3
E_BLOWER	Térmico BLOWER1	I0.4
Reserva	Reserva	I0.5

E_M3	Térmico Compresor Auto limpieza	I0.6
ACT_BLOW_F	Blower Interno Filtro	I0.7
ACT_AUTOL	Auto Limpieza De Mangas	I1.0
RESET	Reconocer Alarma	I1.1
Reserva	Reserva	I1.2
Reserva	Reserva	I1.3
Reserva	Reserva	I1.4
Reserva	Reserva	I1.5
Reserva	Reserva	I1.6
Reserva	Reserva	I1.7
EMER_2	Paro De Emergencia Plasmec	I2.0
ACT_1	Abrir Olla Manual	I2.1
ACT_2	Confirmación De Carga De Aditivos Manual	I2.2
ACT_3	Abrir Compuerta Descarga de Tolva	I2.3
ACT_4	Reserva	I2.4
LS_2	Detector Cerrado Pistón Descarga Tolva	I2.5
LS_3	Detector Magnético Tapa Olla Tapa	I2.6
LS_4	Detector Pistón Descarga Olla Cerrada	I2.7
LS_5	Detector Material En Tolva	I3.0
LS_6	Microswitch Pistón Descarga Enfriador	I3.1
LS_7	Detector Magnético Tapa Enfriador	I3.2
LS_8	Detector De Presión De Aire	I3.3
E_M4	Térmico Motor Principal	I3.4
E_M5	Térmico Motor Enfriador	I3.5
E_M6	Térmico Motor Elevador Salida Enfriador	I3.6
E_M7	Térmico Motor Descarga	I3.7
EMER_3	Paro De Emergencia CHINO	I4.0
ACT_17	Abrir Olla Manual	I4.1
ACT_18	Confirmación De Carga De Aditivos	I4.2
ACT_19	Abrir Compuerta Descarga De Tolva	I4.3
ACT_20	Abrir Enfriador Tapa	I4.4
LS_10	Detector Cerrado Pistón Descarga Tolva	I4.5
LS_11	Detector Magnético Tapa Olla Tapa	I4.6
LS_12	Detector Pistón Descarga Olla Cerrada	I4.7
LS_13	Detector Material En Tolva	I5.0

LS_14	Microswitch Pistón Descarga Enfriador	I5.1
LS_15	Detector Magnético Tapa Enfriador	I5.2
LS_16	Detector De Presión De Aire	I5.3
E_M21	Térmico Motor Principal	I5.4
E_M22	Térmico Motor Enfriador	I5.5
E_M23	Térmico Motor Elevador Salida Enfriador	I5.6
E_M20	Térmico Motor Descarga	I5.7

Tabla 2-7 Asignacion de entradas digitales en el PLC

Entradas Analógicas

TC_1	Termocupla Olla	AIW0	PLASMEC
TC_2	Termocupla Enfriador	AIW2	PLASMEC
TC_3	Termocupla Olla	AIW4	CHINO
TC_4	Termocupla Enfriador	AIW6	CHINO
AI 1	Corriente M21	AIW8	CHINO
AI 2	Velocidad M21	AIW10	CHINO

Tabla 2-8 Asignación de entradas analógicas

Salidas Digitales asignadas en el PLC para el sistema de pesaje y mezcla, con simbología adoptada.

SALIDAS	DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN PLC
FALLA PRESENTE	Licuada De Aviso De Falla	Q0.0
BAL_PISTON_INRAP	Pistón Ingreso Rápido Resina	Q0.1
BAL_PISTON_LENTO	Pistón Ingreso Lento Resina	Q0.2
BAL_PISTON_SALIDA	Pistón Salida Resina	Q0.3
BAL_M1	Motor M1 Ingreso Resina	Q0.4
BAL_M2	Motor M2 Cadena	Q0.5
BAL_BLOWER	Motor Blower 1	Q0.6
Reserva	Reserva	Q0.7
VALV_MIX1	Válvula Salida A Mixer 1 Con Resina	Q1.0
VALV_MIX2	Válvula Salida A Mixer 2 Con Resina	Q1.1
VALV_MIX3	Válvula Salida A Mixer 3 Con Resina	Q1.2
VALV_RET_MIXER1	Válvula Retorno Presión Mixer1	Q1.3

BAL_M3	Filtros Del Blower Limpieza	Q1.4
BAL_AUTOLIMPIEZA	Válvula Auto Limpieza Filtros	Q1.5
VALV_RET_MIXER2	Válvula Retorno Presión Mixer2	Q1.6
VALV_RET_MIXER3	Válvula Retorno Presión Mixer 3	Q1.7
PLAS_M7	Motor Descarga Tolva Plasmec	Q3.0
PLAS_EV_DESC_TOLVA	Pistón Descarga Tolva Plasmec	Q3.1
PLAS_M4_VEL1	Velocidad 1 Motor Principal	Q3.2
PLAS_M4_VEL2	Velocidad 2 Motor Principal	Q3.3
PLAS_EV_MASTER	Pistón Válvula Ingreso Master	Q3.4
PLAS_EV CARBONATO	Pistón Válvula Ingreso Carbonato	Q3.5
PLAS LIC AVISO ADIT	Licadora De Aviso Carga Aditivos	Q3.6
SIRENA FALLO ADITIVOS	Sirena Falla Aditivos	Q3.7
PLAS_EV_OPEN_OLLA	Abre Tapa Olla	Q4.0
PLAS_EV_DESC_OLLA	Abre Compuerta Descarga Olla	Q4.1
ABRIR		
RESERVA	Reserva	Q4.2
PLAS_EV_TAPA ENFR	Pistón Tapa Enfriador	Q4.3
PLAS EV DES ENFR	Pistón Descarga Salida Del Enfriador	Q4.4
PLAS_M5	Motor Enfriador	Q4.5
PLAS_M6	Motor Elevador De Salida	Q4.6
RESERVA	Reserva	Q4.7
CH_M20	Motor Descarga Tolva Chino	Q5.0
CH_EV_DESC_TOLVA	Pistón Descarga Tolva Chino	Q5.1
CH_M21_VEL1	Velocidad 1 Motor Principal	Q5.2
CH_M21_VEL2	Velocidad 2 Motor Principal	Q5.3
CH_EV_MASTER	Pistón Válvula Ingreso Master	Q5.4
CH_EV CARBONATO	Pistón Válvula Ingreso Carbonato	Q5.5
CH LIC AVISO ADIT	Licadora De Aviso Carga Aditivos	Q5.6
SIRENA FALLA DE	Sirena Falla Aditivos	Q5.7
ADITIVOS		
CH_EV_OPEN_OLLA	Abre Tapa Olla	Q6.0
CH_EV_DESC_OLLA ABRIR	Abre Compuerta Descarga Olla	Q6.1
Reserva	Reserva	Q6.2
CH_EV_TAPA ENFRIADOR	Pistón Tapa Enfriador	Q6.3
CH EV DESC ENF	Pistón Descarga Salida Del Enfriador	Q6.4
CH_M22	Motor Enfriador	Q6.5

CH_M23	Motor Elevador De Salida	Q6.6
Reserva	Reserva	Q6.7

Tabla 2-9 Asignación de salidas digitales

Establecidas las variables físicas del proceso como son las entradas y salidas, y conociendo el proceso descrito en el levantamiento eléctrico puede iniciar la configuración inicial y desarrollo del programa en el PLC S7200 CPU 226.

2.3.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la programación del PLC S7-200 se necesita el software STEP 7–Micro/WIN, donde se realizará el Proyecto General que contiene el programa principal del sistema de Pesaje y Mezcla de materia prima, desde el programa de ejecución general del proceso, como la comunicación con el HMI principal de control.



Figura 2-24 Software de programación para el PLC S7-200

Una vez abierto el programa se configura la CPU a utilizarse, ya que por defecto estará la última que se haya programado en ese computador. En este caso será la CPU 226, la cual es configurada en la barra de herramientas CPU / TIPO.

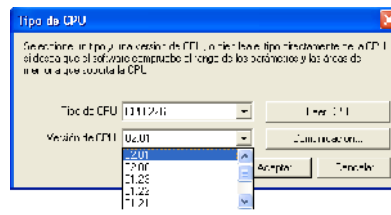


Figura 2-25 Selección de CPU en MicroWin

2.3.4.1 CONFIGURACIÓN DEL PC ADAPTER USB

El PC Adapter USB puede emplearse en redes MPI y PROFIBUS. A partir de la versión V1.1 de firmware, el PC Adapter USB también puede utilizarse en redes PPI homogéneas.

La siguiente tabla muestra qué velocidades de transferencia son soportadas por el PC Adapter USB para los distintos tipos de red.

Velocidad de Transferencia	MPI	PPI	PROFIBUS			
			DP	Estándar	Universal	Personalizado
9600 bits/s	--	*	*	*	*	*
19200 bits/s	*	*	*	*	*	*
45450 bits/s	--	--	*	*	*	*
93750 bits/s	--	--	*	*	*	*
187500 bits/s	*	*	*	*	*	*
500 kits/s	--	--	*	*	*	*
1500 kbits/s	*	--	*	*	*	*

Tabla 2-10 Perfiles de bus y velocidad de transferencia PC ADAPTER USB²¹

La transferencia se realiza por medio del cable, PC ADAPTER USB para esto se debe configurar la Interfaz PG/PC que solo es la forma en la que se conectara al PLC.

²¹http://cache.automation.siemens.com/dnl/TY/TYzNDE2NQAA_16983464_HB/PC_Adapter_USB_s.pdf Pág. 10

El icono “Ajuste Interfaz PG/PC” se localiza en la ventana de herramientas de MicroWin, una vez abierto permite seleccionar los dispositivos (Hardware) utilizado para la conexión. En este caso el PC ADAPTER MPI, en las propiedades se puede configurar la dirección que utilizara el PG/PC, que por defecto será 0 y no podrá ser la misma de otro dispositivo en la red de ser el caso. El *Timeout* que será el tiempo máximo de detección de equipos en la red que en este caso solo será punto a punto entre la PG y la PC.

Y la velocidad de transferencia que permite este adaptador que es 19200 Kbit/s.

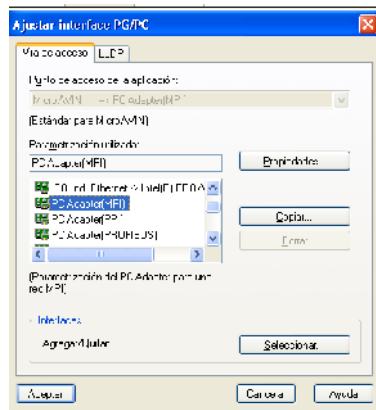


Figura 2-26 Ajuste interfaz PG/PC

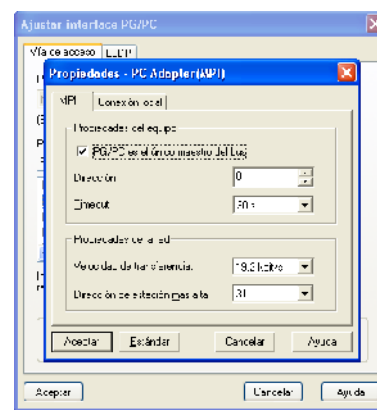


Figura 2-27 Propiedades del PC Adapter

La conexión local en este caso como es un cable USB debe seleccionarse ese puerto.

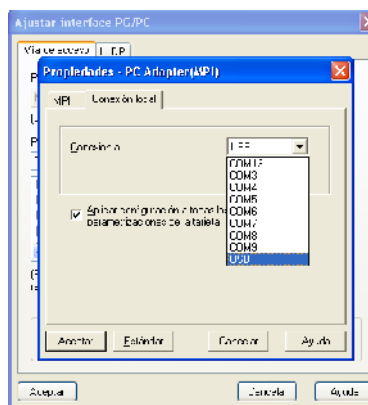


Figura 2-28 Selección del puerto del PC ADAPTER

Con toda la configuración realizada se puede realizar la conexión con el PLC, que por defecto tendrá la dirección 2 en el puerto MPI. Si la detección es correcta puede cargarse el programa sin inconvenientes.

Como se puede verificar al detectar la CPU el modelo y dirección se indican en la pantalla de comunicación así como los valores de velocidad que fueron ingresados con anterioridad.

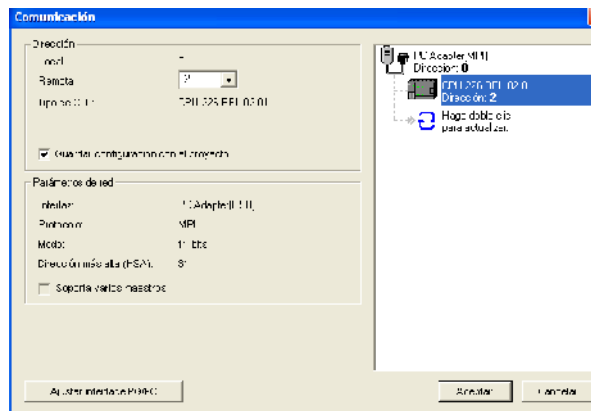


Figura 2-29 CPU reconocida mediante PC ADAPTER USB

2.3.4.2 CONFIGURACIÓN MODULO ETHERNET CP 243-1

Para que la comunicación sea posible por protocolo Ethernet es necesario configurar y añadir el módulo CP 243- 1 Ethernet, en la CPU, antes de añadir el modulo Ethernet en el PLC siemens S7 200, hay que determinar ciertas consideraciones como es, la ubicación del módulo en los slots que dispone el PLC, de manera que los direccionamientos en módulos de expansión posteriores sean consecuentes y no varíen.

En este caso el modulo ira en el primer slot libre, es decir en el módulo 0, siendo el inicio de la configuración de hardware en cuanto al inicio del programa. Toda la configuración se realiza desde el asistente de Ethernet ubicado en la barra de herramientas del STEP 7 – MicroWin.

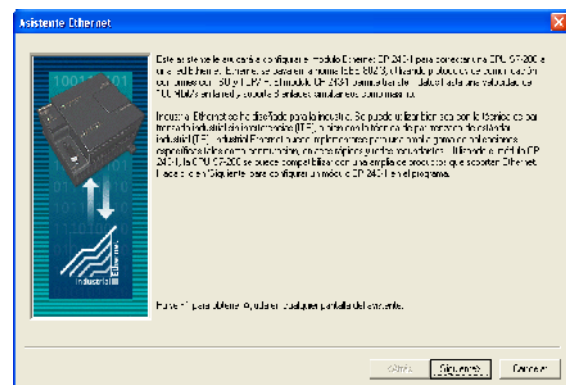
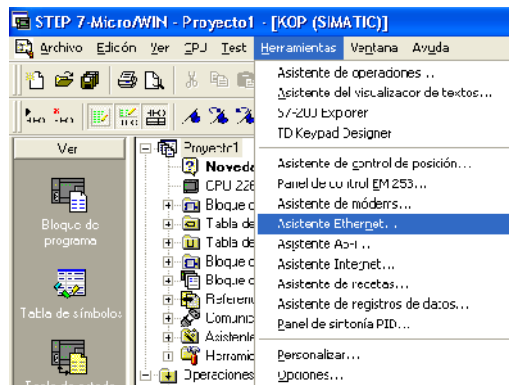


Figura 2-30 Herramientas de MicroWin **Figura 2-31** Asistente Ethernet

Este asistente permite configurar el modulo Ethernet CP 243-1 para conectar una CPU S7-200 a la red o en este caso al HMI. Ethernet se basa en la norma IEEE 802.3, utilizando protocolos de comunicación conformes con ISO y TCP/IP.

El módulo CP 243-1 permite transferir datos hasta una velocidad de 100Mbi/s en la red y soporta 8 enlaces simultáneos como máximo.

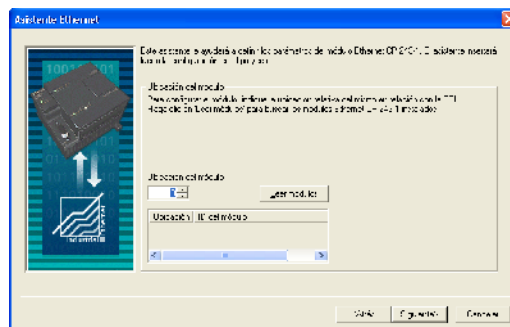


Figura 2-32 Lectura de Módulos

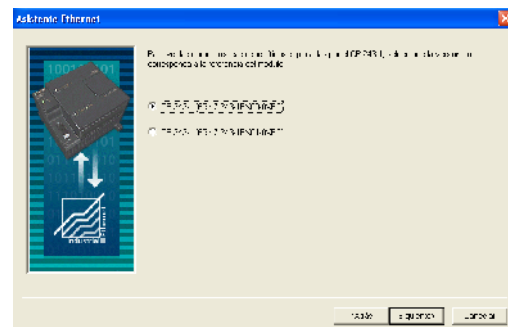


Figura 2-33 Selección del CP 243

Existen dos versiones soportadas para el modulo CP 243-1, esta depende de la que se disponga para el proyecto, en este caso sera la CP 243-1 (6ES7 243-1 EX00-0XE0). En la ventana siguiente se configura la dirección IP que tendrá la CPU (PLC S7-200), así también existe la opción de permitir que la asignación sea automática.

En este caso la asignación se la realiza manualmente con la dirección IP "192.168.1.10", la cual luego se configurara en el servidor OPC que permita la comunicación con el HMI.

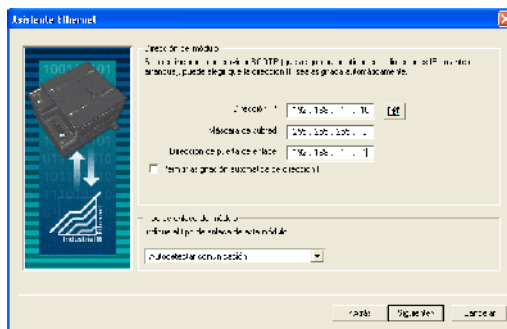


Figura 2-34 Dirección del Módulo

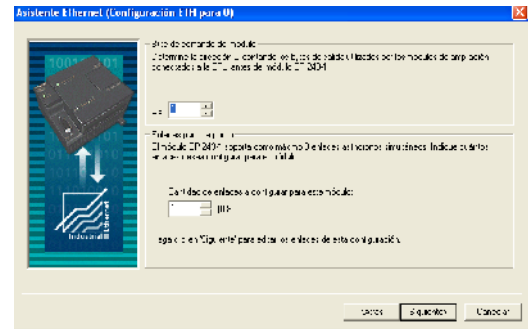


Figura 2-35 Cantidad de Enlaces

Posteriormente se configuran los enlaces que tendrá la CPU del PLC, en este caso será un enlace debido a que solo existirá la conexión PC (MTU)/ PLC (RTU). En la misma ventana se indica la dirección Q (Bytes de Salidas) ya utilizadas antes de la ubicación del módulo Ethernet que en este caso será 1 debido a que ya están utilizados el Byte QB0 y QB1.

Continuando la configuración se debe configurar el tipo de enlace de datos que va a tener la CPU, en este caso será un enlace cliente para satisfacer las necesidades del sistema. Otro parámetro importante en esta ventana es la dirección IP del HMI es decir del computador maestro (MTU) para el caso se ingresa la dirección “192.168.1.9”.

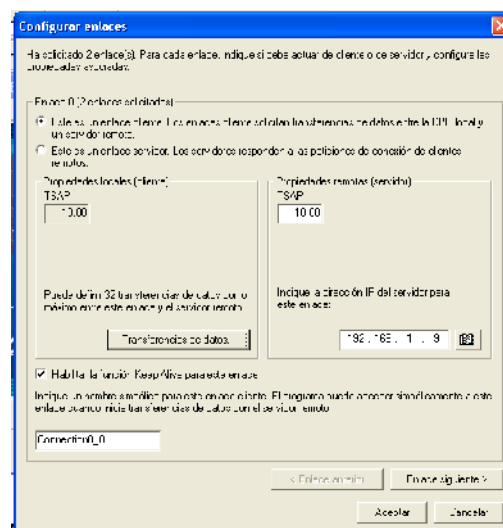


Figura 2-36 Configuración de enlaces

Para el enlace seleccionado se debe setear las transferencias de datos tanto para lectura como para escritura. Es posible definir transferencias para leer datos del servidor o bien para escribir datos de la CPU local en el servidor.

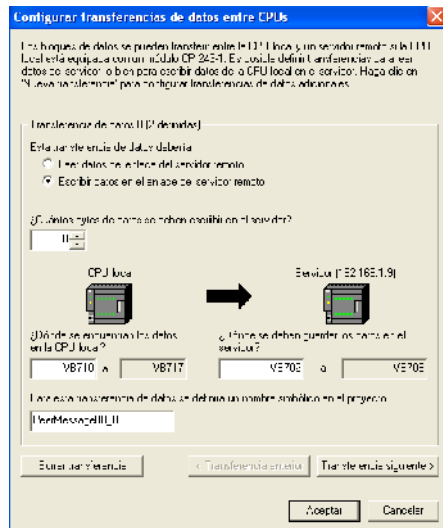


Figura 2-37 Transferencia de escritura

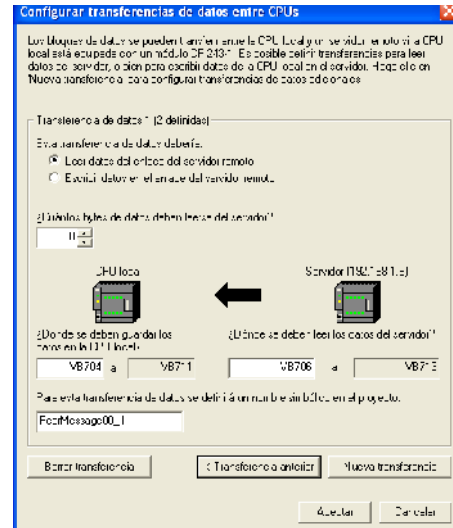


Figura 2-38 Transferencia de lectura

Las direcciones serán a elección del usuario, en este caso VB 700 son la direcciones que utiliza la CPU para los enlaces sean para lectura o escritura, las direcciones que se ingresen por obvias razones no se podrán utilizar en ninguna etapa del programa.

Aceptadas las transferencias de datos, la ventana próxima será la de la comprobación de Redundancia Cíclica (CRC) lo cual permitirá que la configuración del módulo no se sobrescriba accidentalmente, la activación también permitirá evitar que el programa efectúe cambios en la configuración en el tiempo de ejecución.

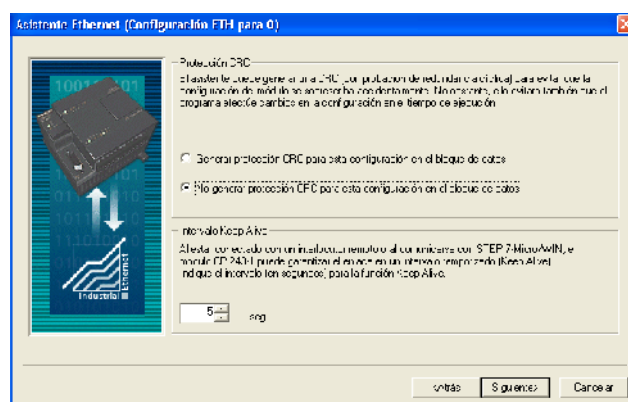


Figura 2-39 Ventana de configuración de Protección CRC

El intervalo *Keep Alive* indica que el CP 243-1 puede garantizar el enlace en un intervalo de tiempo, al ser una conexión directa punto - punto, y que las direcciones ya están configuradas estáticas, será suficiente con los 5 segundos.

Para la configuración del módulo Ethernet mediante el CP 243-1, se necesitan 24 Bytes de memoria V. El asistente nos propone una dirección en bloque que no esté siendo utilizada en el proyecto, así que podemos utilizar esa dirección como en este caso será desde VB480. Lógicamente estas direcciones ya no serán utilizadas para otro propósito en el proyecto.

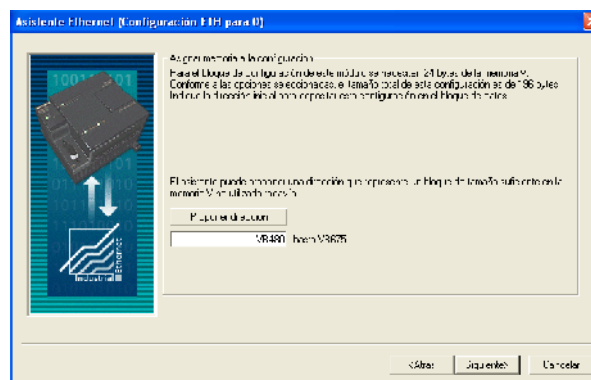


Figura 2-40 Ventana de asignación de memoria al bloque Ethernet

Finalizando correctamente la configuración Ethernet se generan las unidades de organización del programa (UOP) “ETH0_CTRL”, “ETH0_CFG”, “ETH0_XFR”, en el proyecto de MicroWin.

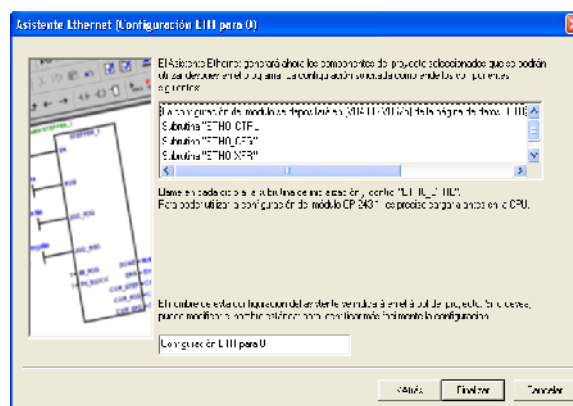


Figura 2-41 Finalización del asistente

La subrutinas creadas seran parte del sistema y por seguridad no debe incluirse codigo del programa principal o parte de el en estas subrutinas.

Para verificar que se ha ejecutado correctamente el asistente tambien se puede ingresar desde el arbol de navegacion en la ventana asistentes.

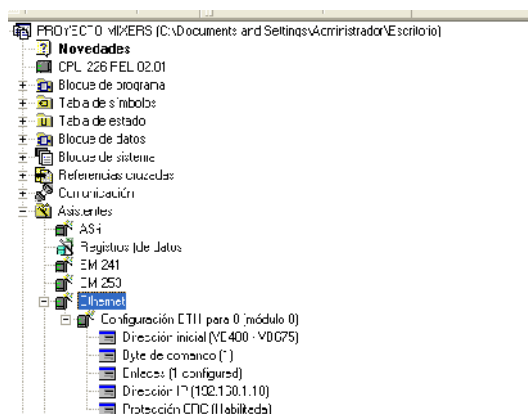


Figura 2-42 Árbol de navegación MicroWin

Finalmente debe incluirse en el programa inicial del proyecto el bloque Ethernet que se creo al momento de realizar el asistente, debe incluirse preferentemente en el programa principal, y las marcas que se pondran seran al igual que las anteriormente configuradas, exclusivas del bloque Ethernet, en este caso M10.0 de tipo Boolean para CP_Ready, MW12 de tipo Word para Ch_Ready, MW14 de tipo Word para Error.

La habilitacion debe hacerse por la marca especial “SM0.0” que no es mas que un contacto booleano que siempre esta en condicion encendido “Siempre_ON”.

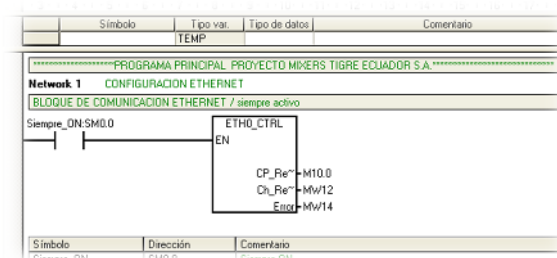


Figura 2-43 Bloque Ethernet creado en el programa Principal

Al Final basta con transferir el programa del proyecto echo en MicroWin a la CPU del PLC, y así está configurada completamente para la transferencia de datos vía Industrial Ethernet a utilizarse en el proyecto de mezcla y pesaje para la comunicación entre el HMI y el PLC.

2.3.4.3 PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal del PLC se estructura en tres etapas principales, la Balanza, el Mezclador Plasmec y Mezclador Chino. Siendo la balanza un proceso compartido para la dosificación a cada uno de los mezcladores.

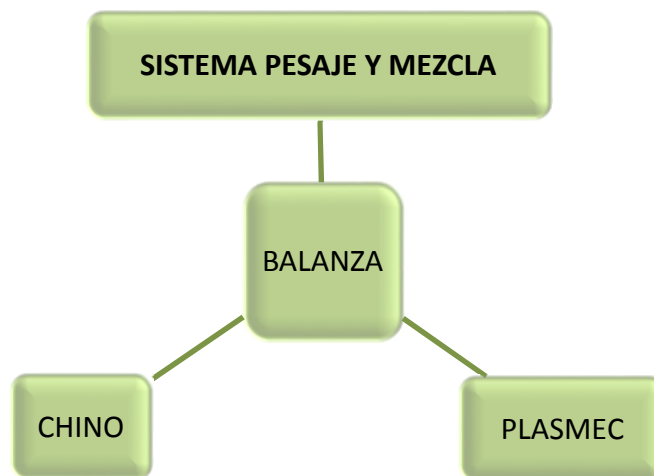


Ilustración 2-1 Estructura Principal del Sistema de Pesaje y Mezcla



Ilustración 2-2 Programa Principal del Sistema

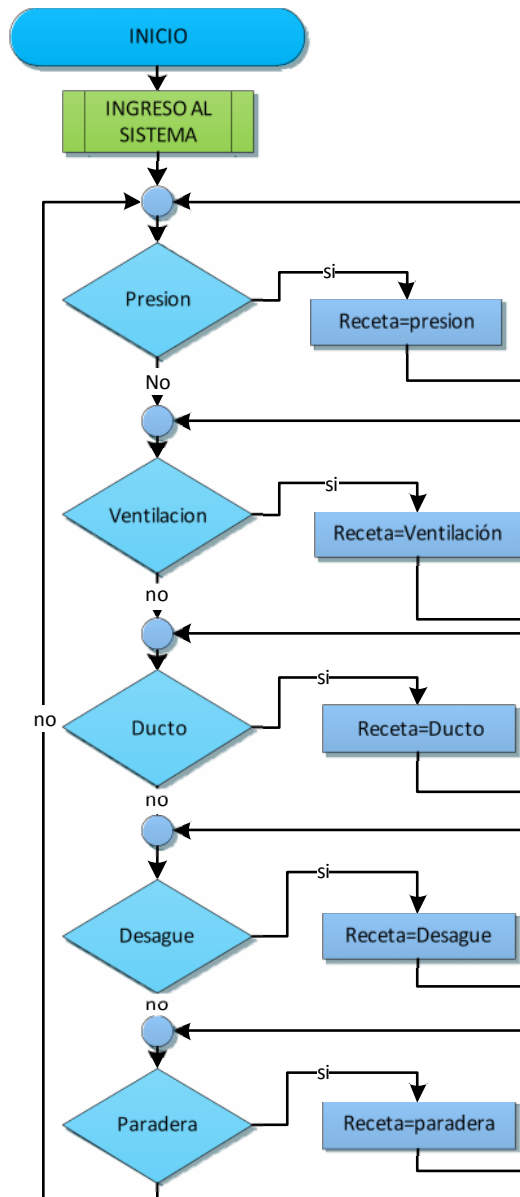


Ilustración 2-3 Selección de receta en Mezcladores

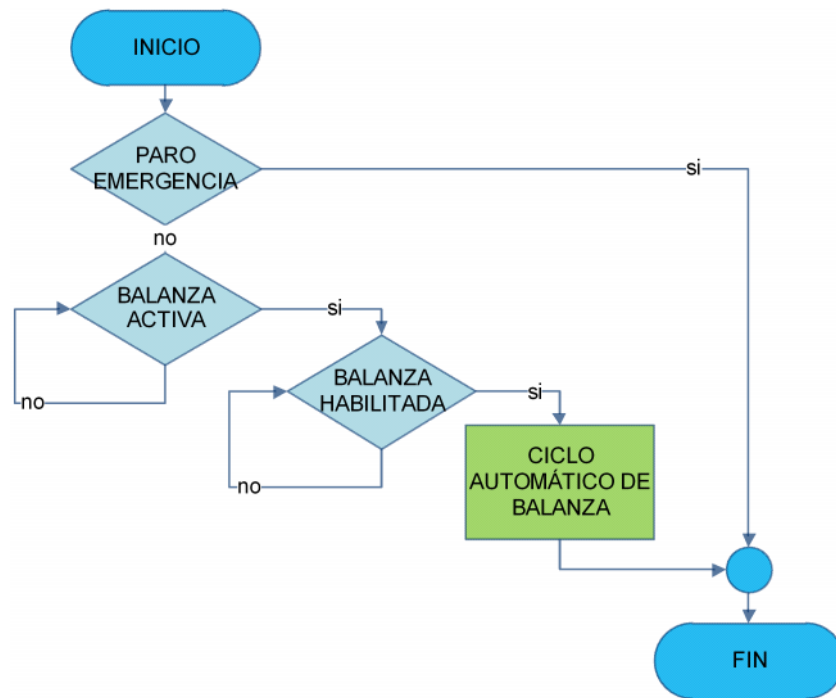


Ilustración 2-4 Habilitación de ciclo de Pesaje

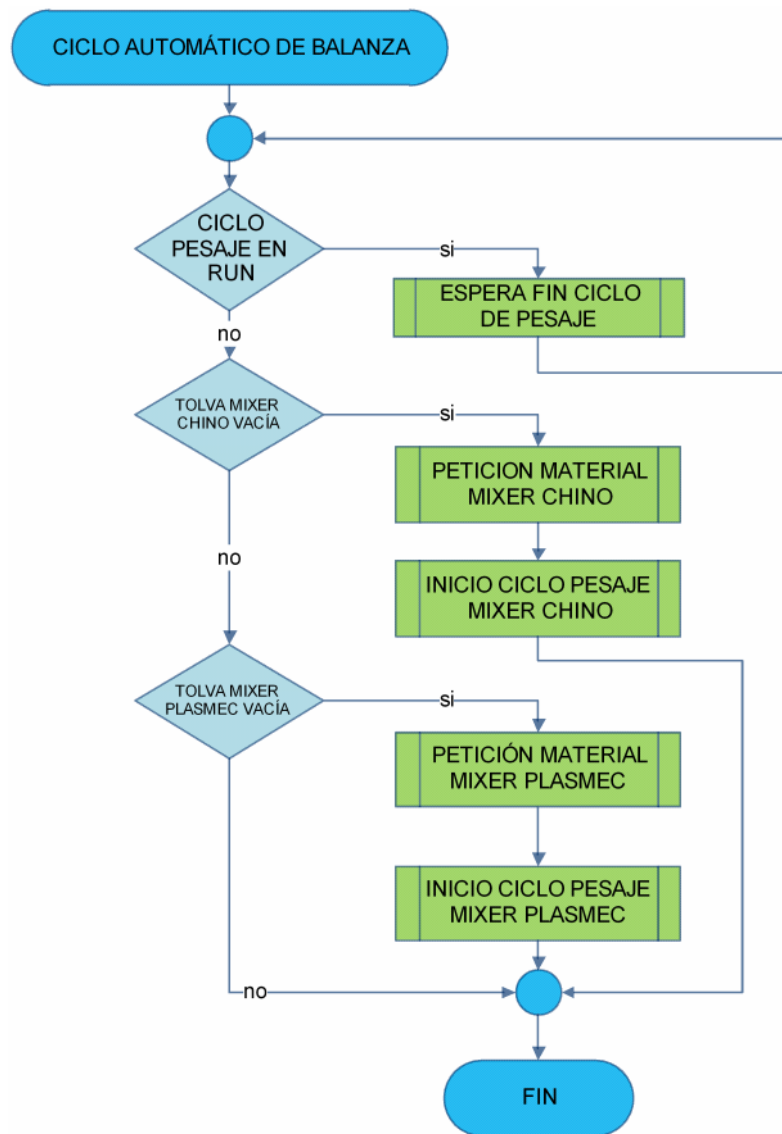


Ilustración 2-5 Ciclo Automático De Balanza

Para ambos mezcladores el programa es idéntico, solo varia la petición de pesaje y las recetas que este configuradas independientemente el uno del otro.

Una vez iniciado el proceso de mezcla el proceso se mantiene para cada mixer de manera independiente pero ejecutándose bajo la misma lógica.

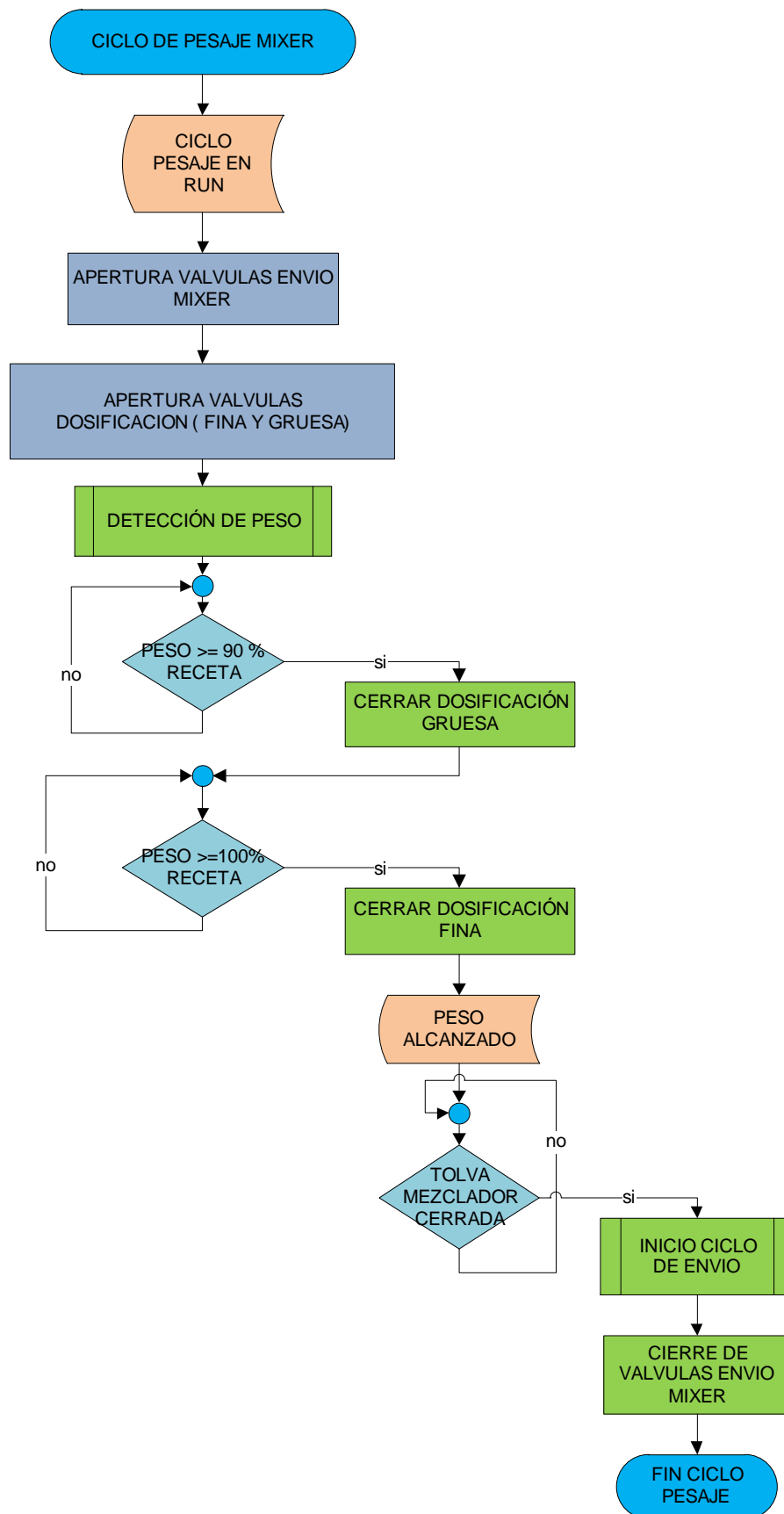


Ilustración 2-6 Ciclo de Pesaje MIXERs

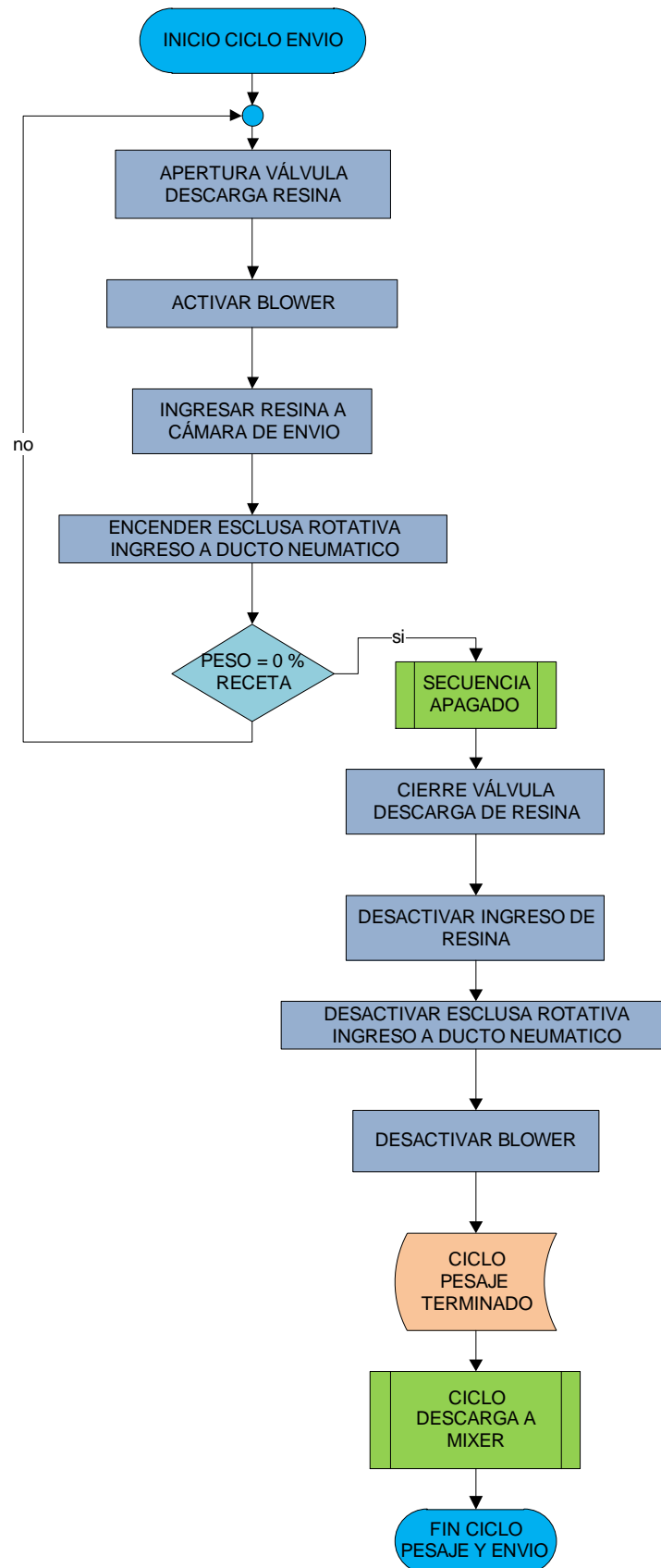


Ilustración 2-7 Ciclo de envío de Resina

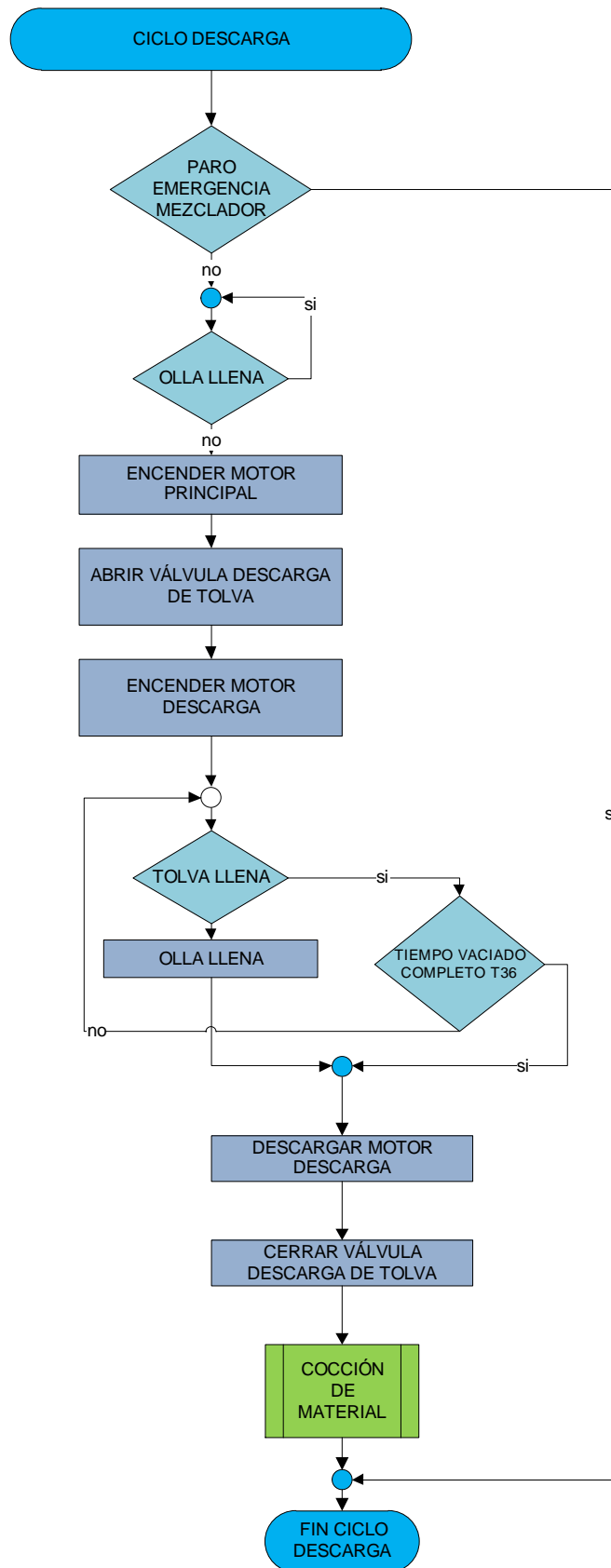


Ilustración 2-8 Ciclo de descarga de resina a Mezclador

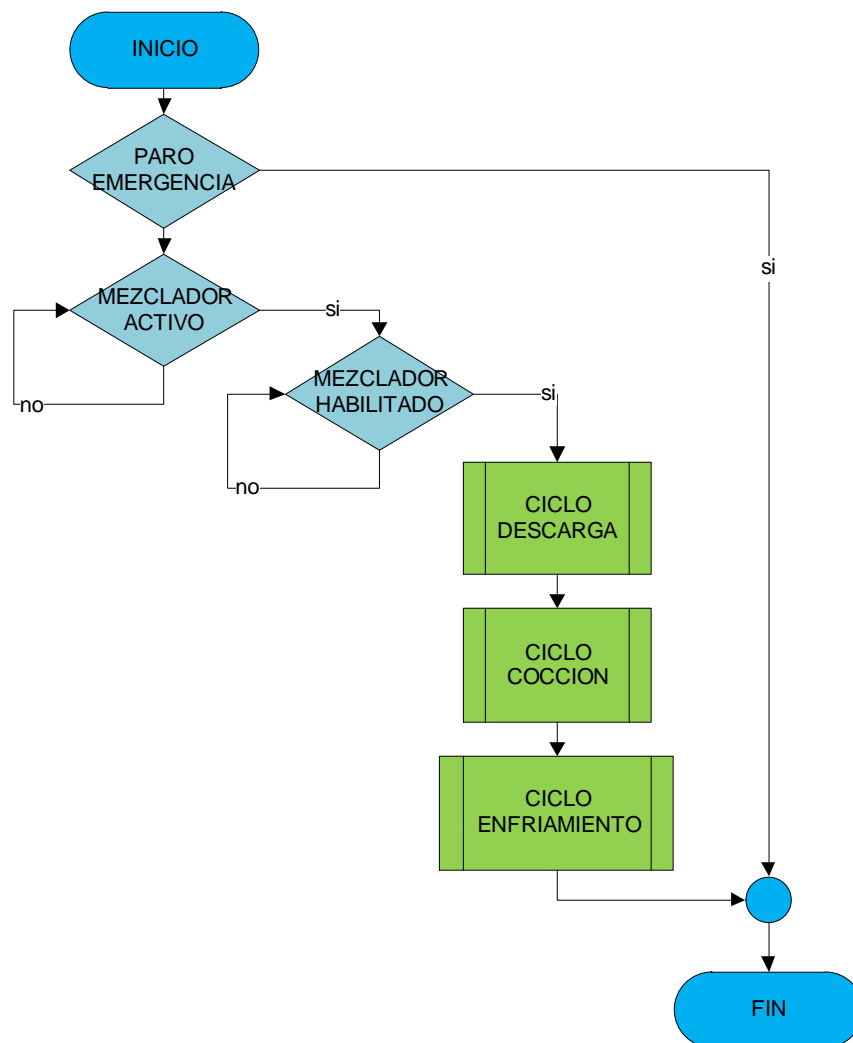


Ilustración 2-9 Habilitación mezclador Plasmec y Chino

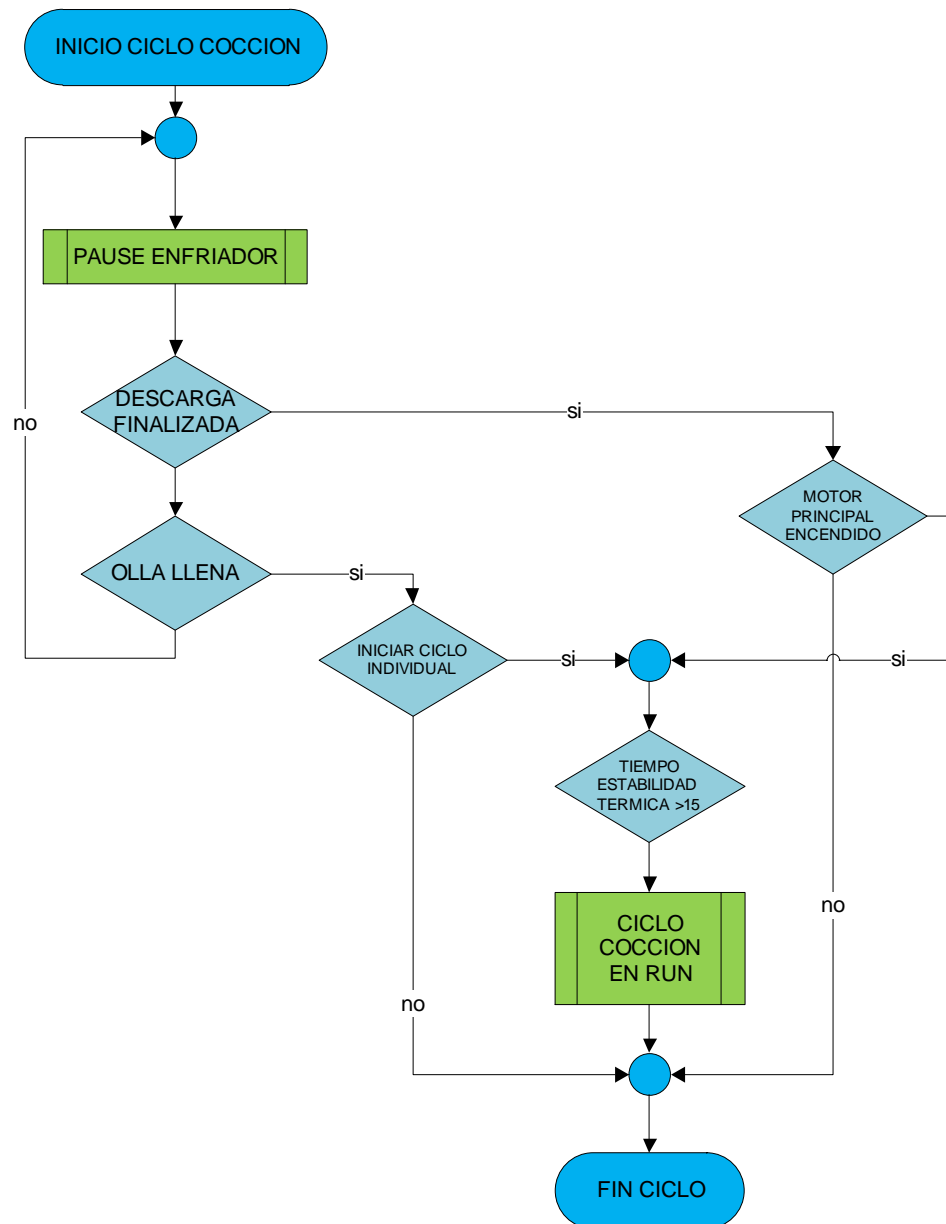


Ilustración 2-10 Ciclo De Cocción En Ambos Mezcladores

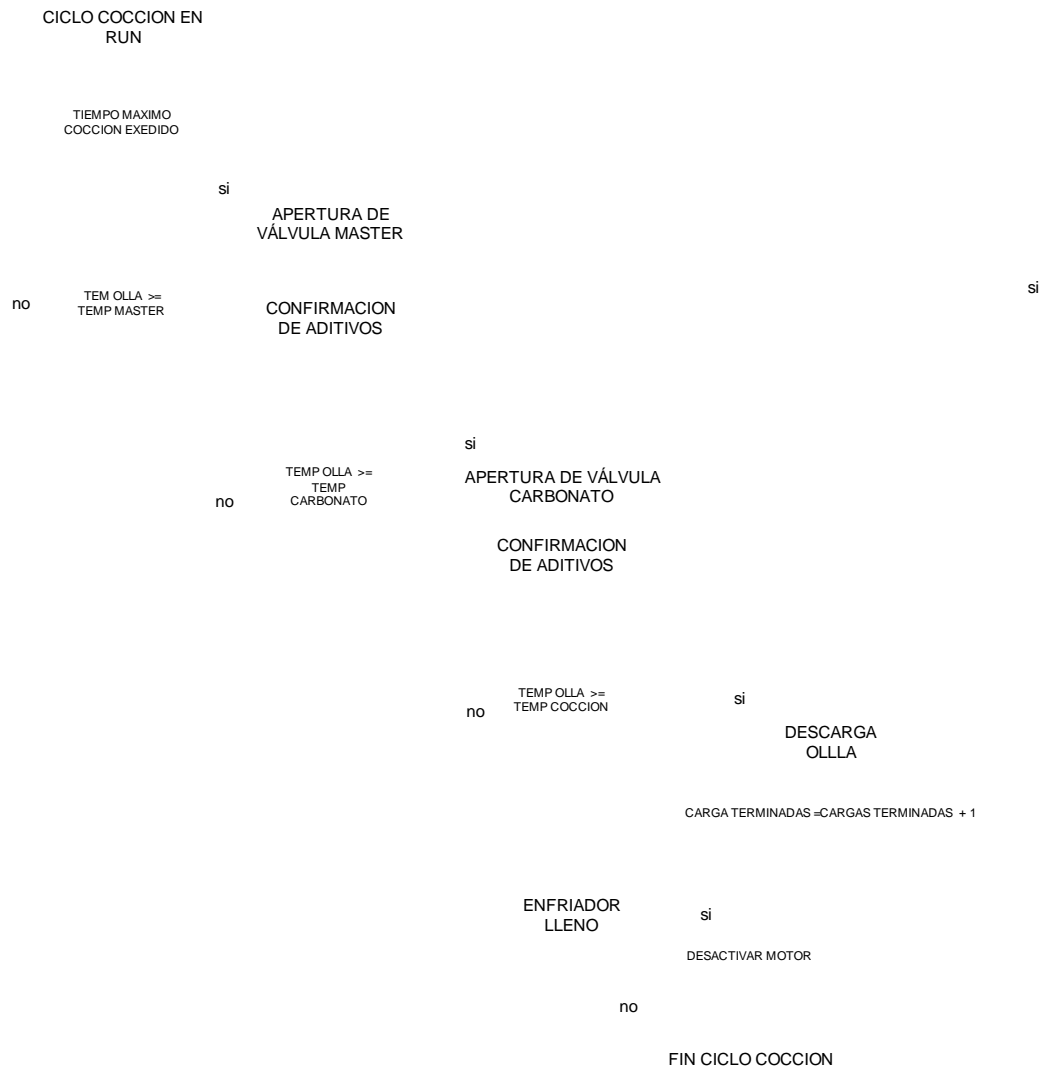


Ilustración 2-11 Ciclo De Cocción De Materia Prima En Mezcladores

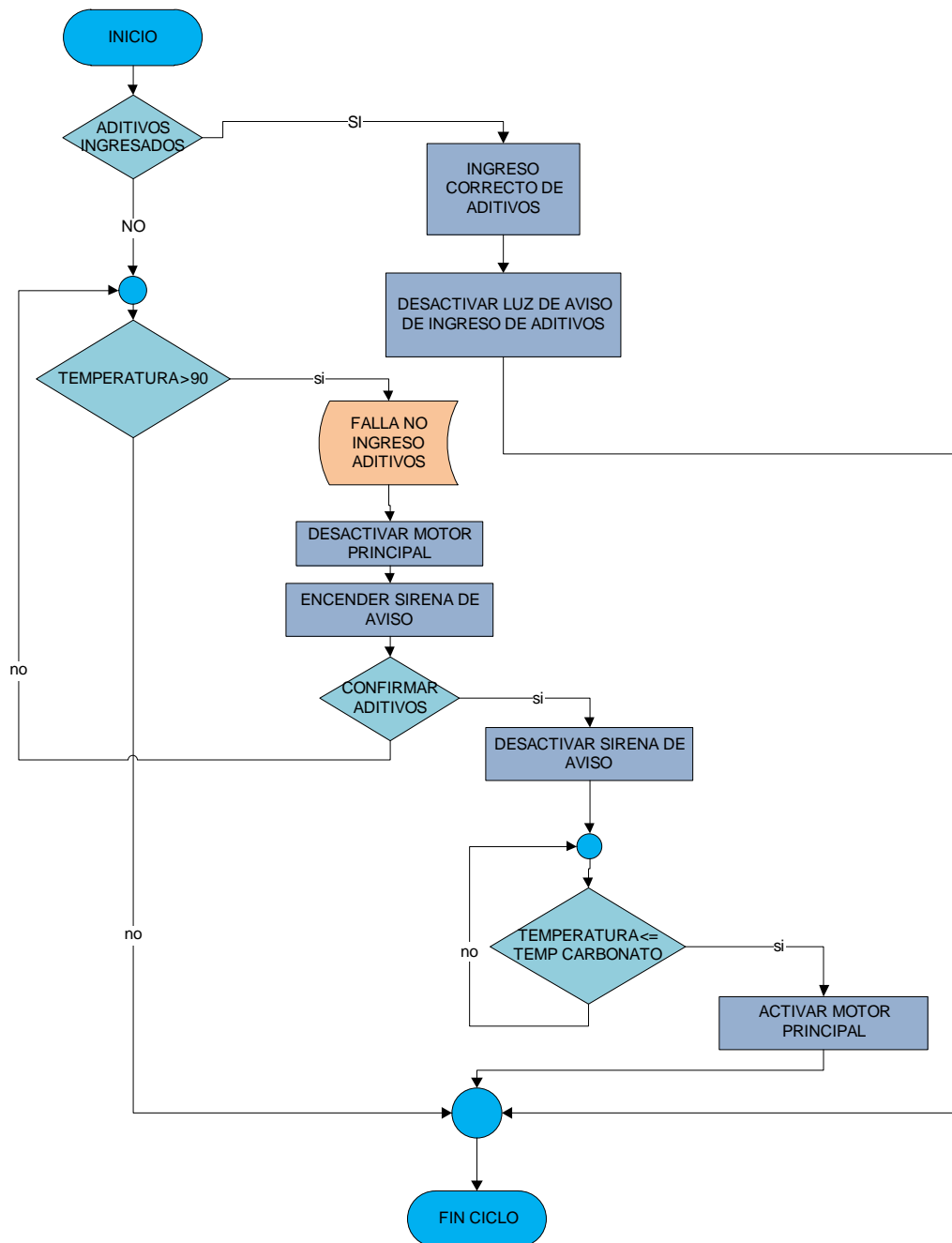


Ilustración 2-12 Ciclo de Ingreso de aditivos

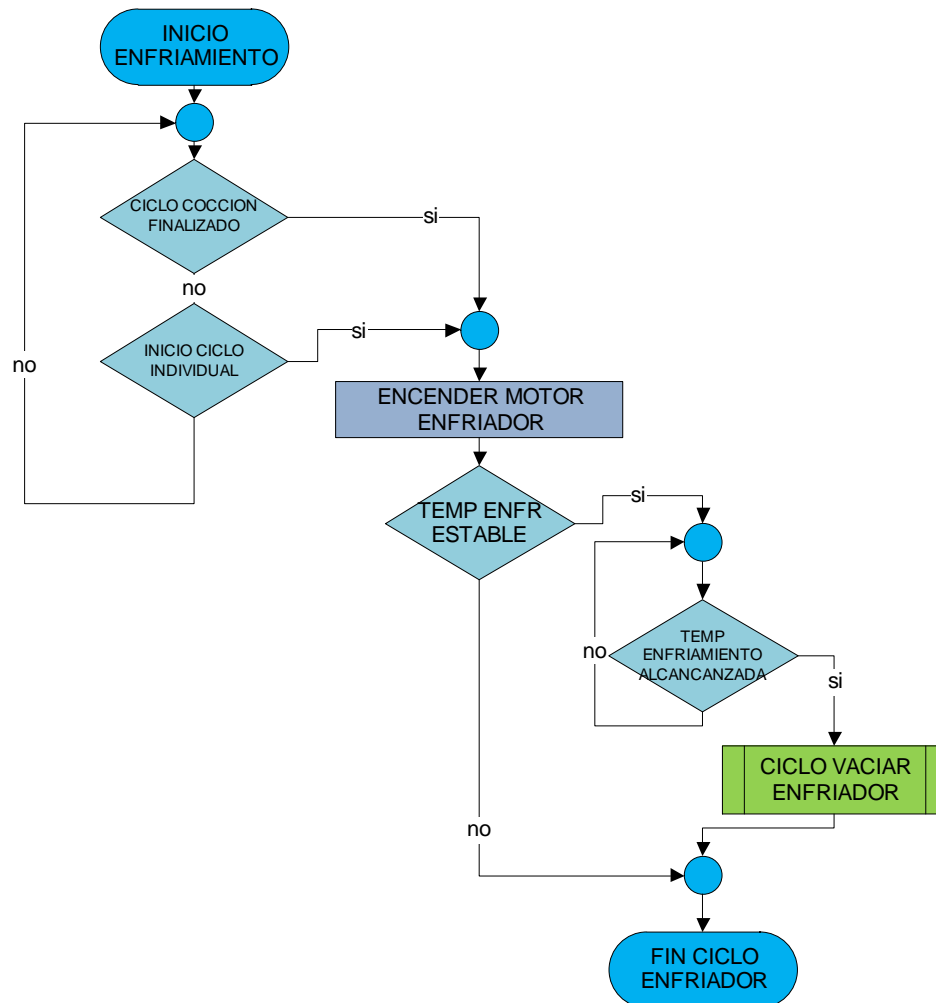


Ilustración 2-13 Ciclo de enfriamiento en mezcladores del sistema

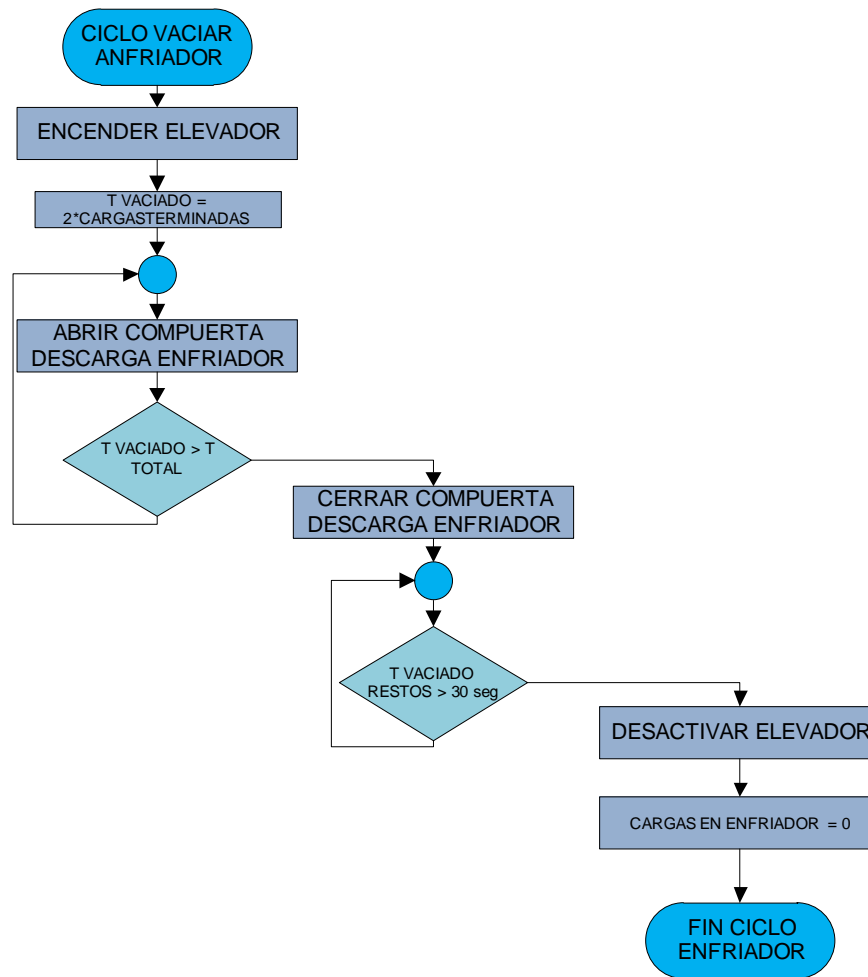


Ilustración 2-14 Vaciado de enfriador Plasmec y Chino

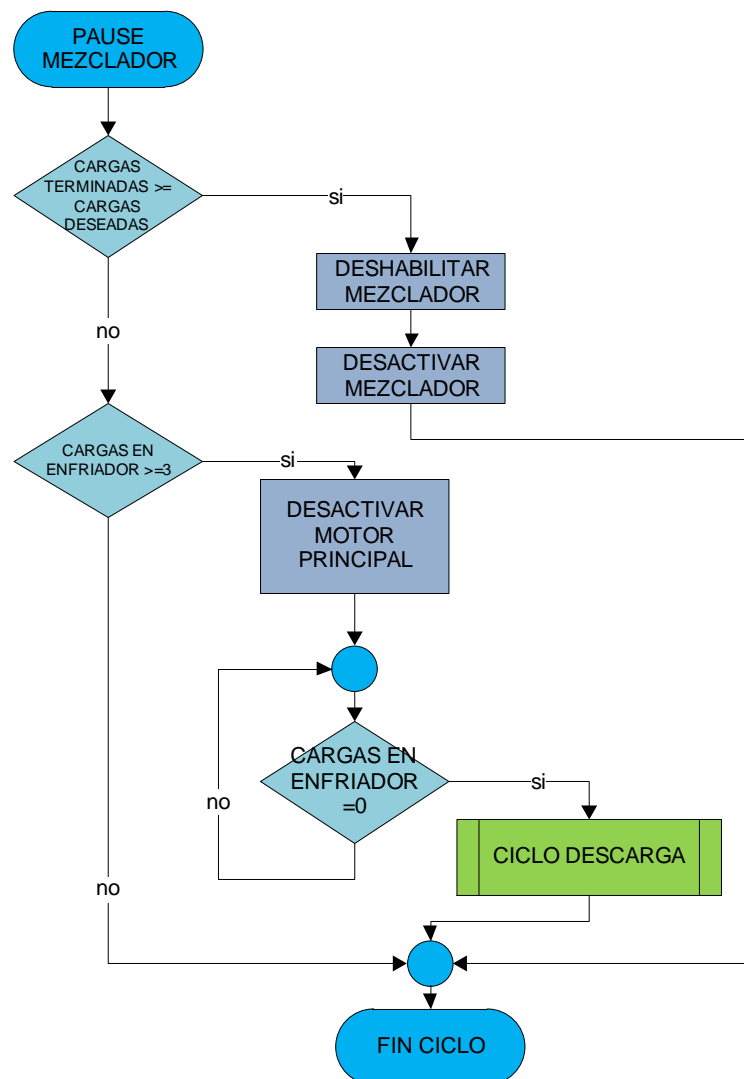


Ilustración 2-15 Ciclo De Pausa Por No Ingreso De Aditivos

2.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARCIALES

Para la verificación de la correcta configuración y programación del PLC, es necesario realizar pruebas de funcionamiento parciales que si bien no es posible comandar directamente el proceso sin culminar la interfaz se puede verificar ciertas configuraciones principalmente de comunicación.

2.4.1 PRUEBAS INTERFAZ PG /PC POR ETHERNET

Entre las primeras pruebas a realizar esta el enlace Ethernet, para esto debe realizarse una conexión mediante este protocolo entre la programadora (PC de programación del PLC) y el PLC.

Como ya está configurado con anterioridad y cargado el programa en la CPU, se debe cambiar el “Ajuste de Interfaz PG/PC” tal y como se realiza en el ítem “2.3.4.1 Configuración del PC Adapter USB” con la diferencia que esta vez se seleccionara como interfaz en Protocolo TCP/IP, y el Hardware que se emplea es la propia tarjeta de red del computador que realiza la conexión de prueba (No necesariamente el HMI).

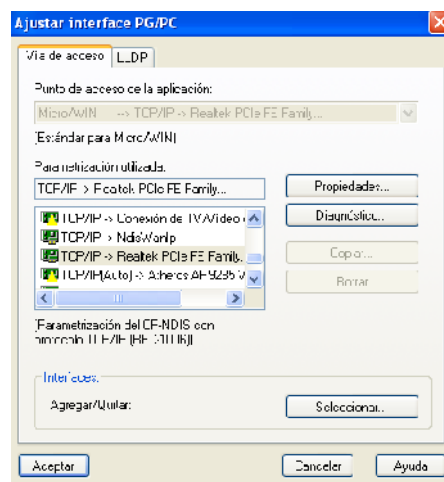


Figura 2-44 Ajuste de Interfaz PG/PC

Ahora al realizarla comunicación se ingresa la dirección IP del PLC a detectar, como es el caso la dirección IP asignada es estática y conocida se ingresa la dirección “192.168.1.10” y al actualizar reconoce al CPU del PLC S7200 ya por este protocolo.

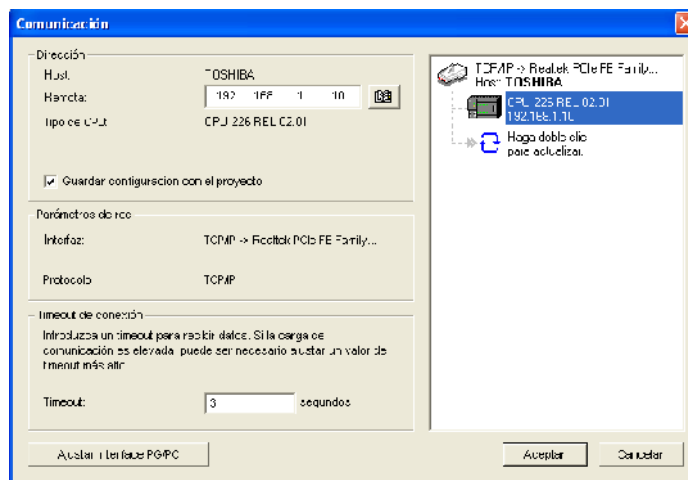


Figura 2-45 Ventana De Comunicación mediante TCP/IP

Esto garantiza que el enlace ha sido exitoso y puede conectarse mediante Industrial Ethernet

2.4.2 PRUEBA DE CONECTIVIDAD CON LA MTU

Una de las pruebas más importantes luego de la programación del PLC es la conectividad Ethernet, y que exista conexión con el dispositivo de control, en este caso la MTU (Unidad Terminal Maestra). Para lo cual se comprueba la conectividad utilizando una herramienta de Windows.

En el menú inicio, en la opción ejecutar se abre la ventana “Ejecutar” ahí debe ser ingresado el comando “cmd” y tras aceptar se obtendrá la ventana que permitirá verificar la conectividad entre la MTU (PC de control y monitoreo) y RTU (PLC Siemens S7 200) en este caso.

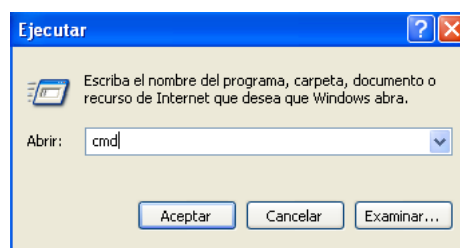
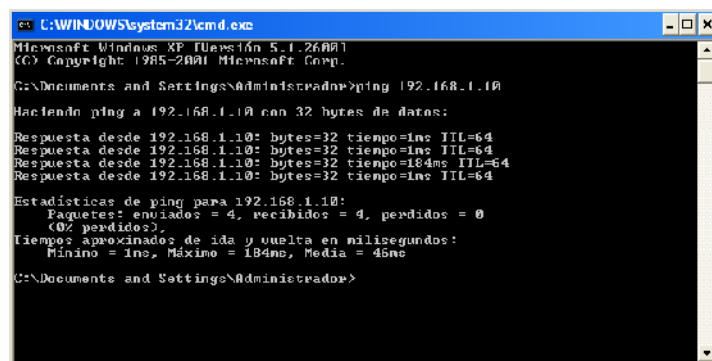


Figura 2-46 Ventana Ejecutar de Windows

Ingresando el texto “ping 192.168.1.10” , que no es más que la dirección IP del PLC que previamente fue configurada (ver ítem “2.3.4 Programación Del PLC”) saldrá la venta donde confirmara la conexión y por ende la conectividad entre ambos dispositivos. Previamente el PC (MTU) deberá estar configurado con la dirección IP “192.168.1.9” que está configurada en el enlace de datos en la configuración Ethernet del módulo CP 243-1.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 5.1.2600.1]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrador>ping 192.168.1.10

Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=184ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempo: aproximado de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 184ms, Media = 46ms

C:\Documents and Settings\Administrador>
```

Figura 2-47 Ping entre el PLC Y el PC

Esto garantiza la conectividad con el HMI (MTU) y puede conectarse una vez terminada la interfaz gráfica.

CAPITULO III

3. DESARROLLO DEL SOFTWARE (EN LABVIEW) PARA EL SISTEMA SUPERVISOR.

En este capítulo se describe la Plataforma de desarrollo LabVIEW, y el desarrollo íntegro de la interfaz HMI (Interfaz Hombre Máquina). Tomando en cuenta todas las variables pertenecientes al proceso así como su direccionamiento en el servidor OPC de National Instruments. Hasta la creación de la aplicación final que será la que permita controlar y monitorear el Sistema de Pesaje y Mezcla.

3.1 INTRODUCCIÓN AL ENTORNO LABVIEW

LabVIEW es una herramienta gráfica para control y diseño y pruebas mediante programación. Fue desarrollado por National Instruments en 1976 y se ha convertido en la más potente herramienta virtual creada. La versión utilizada en este proyecto es la 2010.



Figura 3-1 LabVIEW 2010 Utilizado en el proyecto

El lenguaje utilizado en esta plataforma se llama lenguaje G, donde la “G” significa que es un lenguaje de programación gráfico, a diferencia de los otros lenguajes conocidos por scripts, y extensos códigos de programación para elaboración de lazos y procesos sencillos en comparación a este lenguaje intuitivo y de mejor comprensión, entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs. Cada VI consta de dos partes diferenciadas:

Panel Frontal

El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, interactúa con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles e indicadores.



Figura 3-2 Panel frontal del VI en LabVIEW

Diagrama de Bloques

Es el programa gráfico propiamente dicho, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan el código que controla el programa.

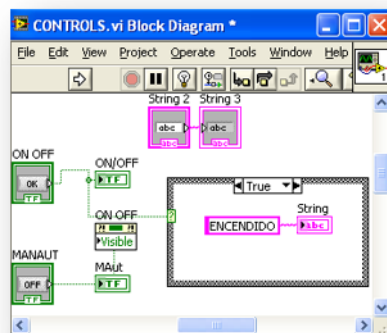


Figura 3-3 Diagrama de Bloques del VI

Existe una alta compatibilidad con equipos industriales y en el caso específico de este proyecto es de gran interés la ventaja que presenta LabVIEW para la elaboración de aplicaciones en extensión .exe, lo hace un software propicio para su aplicación en este proyecto además de la utilidad del DSC Module que permite conectividad con el servidor OPC (*OLE For Process Control*) lo cual hace más fácil la comunicación con dispositivos de control industrial y PLCs.

La versión utilizada en el proyecto es la 2010 que permite optimizar el rendimiento respecto a versiones anteriores.

3.2 ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO

Para la creación de la interfaz es primordial determinar las variables necesarias para el sistema HMI, es decir los datos que serán transferidos entre la interfaz gráfica y el controlador lógico programable PLC así como las asignaciones de ítem OPC listas. Ver ítem “3.4.2. Configuración del servidor OPC”.

En las variables principales del sistema están las entradas y salidas físicas del PLC, sin embargo se requiere variables y bits de control que estén direccionadas en el HMI, para lo cual debe existir una vinculación previa y la asignación tanto en el servidor OPC como en el HMI

3.2.1 CREAR I/O SERVER EN LABVIEW

Este será el inicio del proyecto, es decir el punto de partida en LabVIEW, pues es necesario tener listo el servidor OPC, configurado y asignado. Ver ítem “3.5 Integración de Variables vía NI OPC Servers”.

El primer paso será crear el proyecto en la opción "*New Project*", el cual contendrá todos los VIs del "PROYECTO BALANZA", (como se llamará el proyecto en LabVIEW) las configuraciones de la interfaz de usuario la vinculación de variables y en general todo el programa del HMI. Se puede crear un cliente OPC de E / S del servidor para acceder a los elementos de datos en un servidor OPC local o remoto.

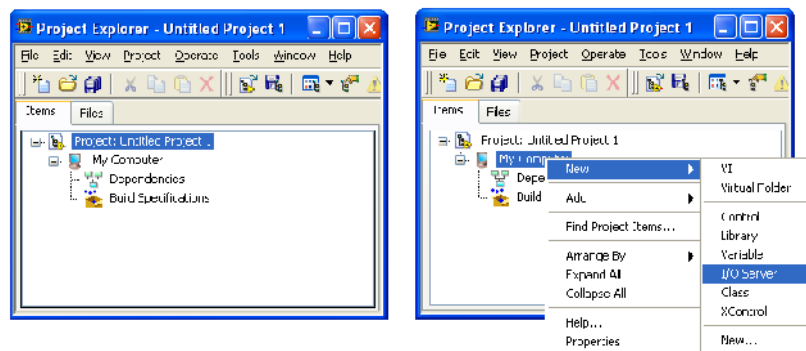


Figura 3-4 Ventana de creación del I/O SERVER

En la ventana siguiente saldrá la lista de servidores que estén disponibles dependiendo lo que esté instalado en el PC, en este caso el de interés es el OPC *Client* que es para la comunicación por NI OPC servers, al cual el cliente manejado por el I/O Server se va a conectar.

Una vez seleccionado, la ventana siguiente es la de configuración OPC del cliente I/O *Server*. En las configuraciones también se encuentra el tiempo de espera antes que el OPC *servers* actualice los valores de las variables compartidas, el tiempo de reconexión que es el tiempo con la que las variables compartidas intentan conectarse con el servidor OPC cuando pierden conexión, si esta 0 no intentarían reconexión y finalmente la banda muerta que es el porcentaje que el valor del servidor OPC debe cambiar antes de que el servidor OPC comunique el valor de las variables compartidas.

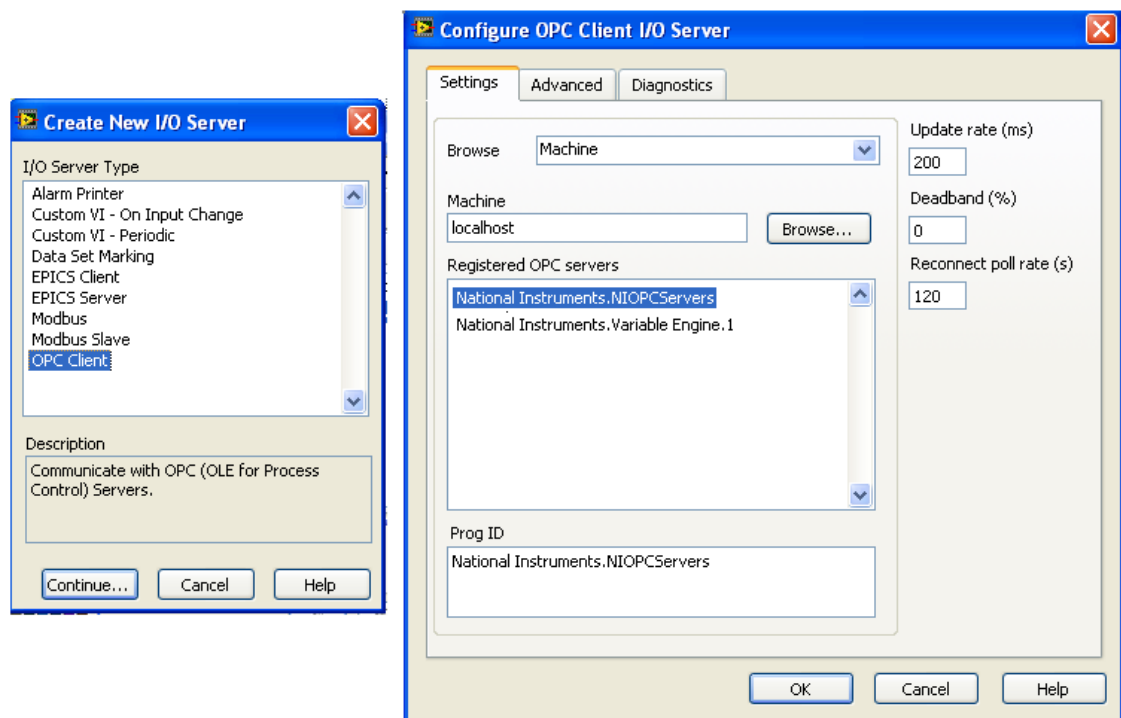


Figura 3-5 Ventana de configuración del OPC Client I/O Server

Por defecto la relación entre las variables compartidas es asincrónica que permite que las variables compartidas no esperen al servidor OPC para procesar la operación de escritura antes de continuar.

La selección para el servidor será el “*NIOPCServers*” y termina la configuración añadiéndose al proyecto el cliente OPC1.

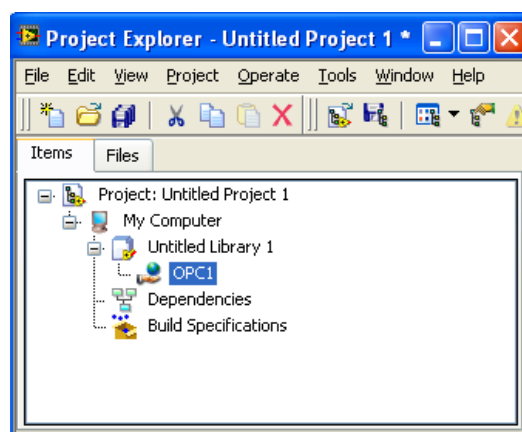


Figura 3-6 Explorador del cliente OPC en el Proyecto

3.2.2 CREAR LIBRERÍAS

Las variables pertenecientes al servidor OPC requieren agruparse para que no sea difícil su localización en el proyecto, para ello se agrupan en librerías separadas por etapas tal y como en los grupos OPC del NI OPC Servers. Ver ítem “3.5 Integración de Variables vía NI OPC Servers”.

Esto facilitará al momento de incluirlas en cada una de las pantallas del HMI, pues ya estarán agrupadas por bloques y etapas, en este caso la balanza, el mezclador Plasmec y el mezclador Chino.

En “My Computer” se despliega la lista y en “New” seleccionamos “Library”.

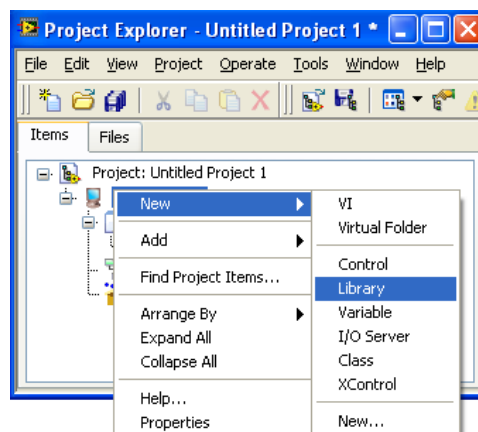


Figura 3-7 Ventana de creación de librerías

Acorde al grupo de variables a contenerse, se asigna el nombre de la Librería de manera que se pueda tener un acceso rápido y tener un al final totalmente estructurado.

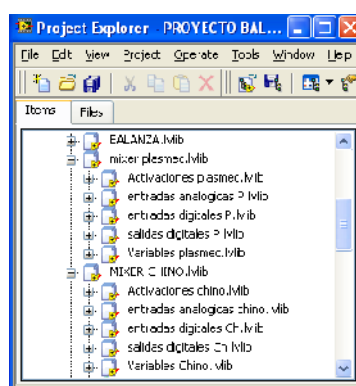


Figura 3-8 Explorador de Librerías en el Proyecto Principal

En la gráfica se muestra parte del proyecto y la forma en la que se organizan las Librerías así al momento de crear las variables mantendrán su estructura de manera similar a la que están los ítems OPC.

3.2.3 CREAR Y VINCULAR VARIABLES AL I/O SERVER

Para crear las variables en el proyecto de LabVIEW ligadas a las del PLC vía OPC Servers, deben estar previamente configurados ciertos puntos necesarios para que las variables ya sean detectadas al momento de ejecutar el “Créate Bound Variables”, entre los más importantes.

- Variables y librerías organizadas de manera similar a los Ítem OPC.
- Integradas las variables vía OPC.
- Creado y configurado I/O SERVER.

Entonces se debe seleccionar la librería en la cual se desea crear el grupo de variables ligadas (Bound Variables), y en la lista desplegable seleccionar “Create Bound Variables”.

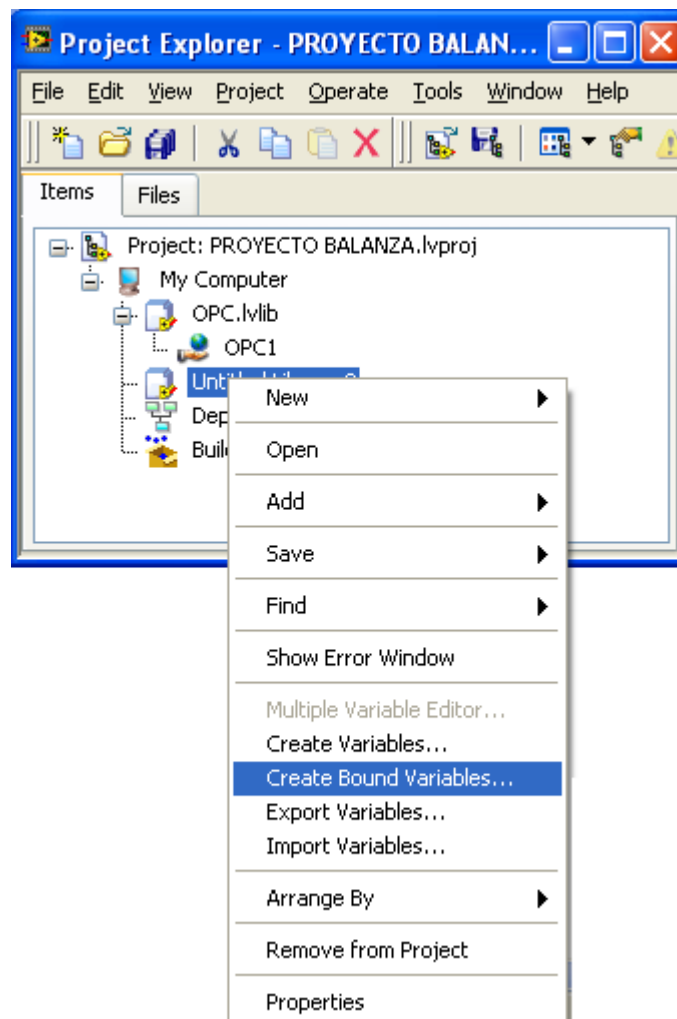


Figura 3-9 Creación de variables en bloque

La nueva pantalla que saldrá a continuación indicará que el I/O SERVER configurado previamente esta vinculado con el canal y dispositivo del NI OPC SERVERS, Es decir el dispositivo (PLC) configurado. Ver item “3.4.2.2 Configuración del Dispositivo”.

Así las variables creadas en el documento del OPC Servers y vinculadas se despliegan organizadas tal y como se las haya creado. Entonces será más fácil asignar un grupo de variables desde los grupo OPC directamente al mismo grupo, pero este último en las librerías en LabVIEW, facilitando la creación de variables en grupo y no individualmente que tomaría mucho más tiempo crearlas y configurarlas.

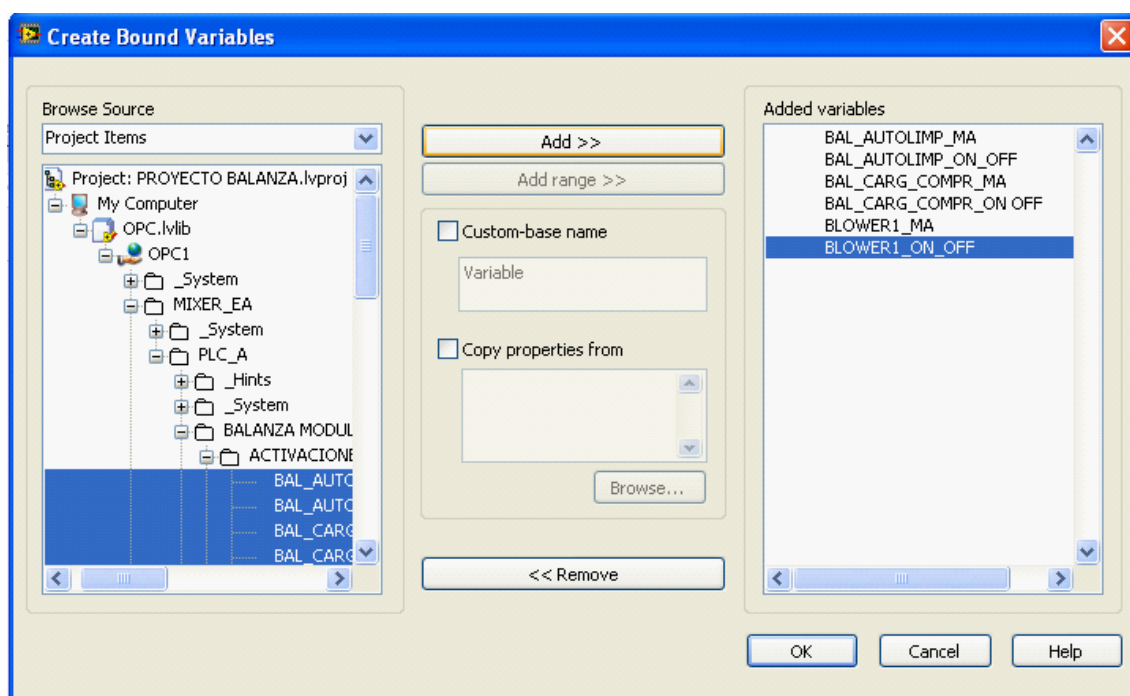


Figura 3-10 Ventana de explorador de Variables por añadir

Dependiendo las variables que se deseen crear, al estar agrupadas por tipo será más fácil editar las propiedades de cada una de ellas. La ventana edición de variables se ejecuta inmediatamente que se acepta las variables a crear.

La ventana que saldrá entonces permite acceder a propiedades de cada variable, las cuales cambian acorde al tipo de variable, para variables booleanas tendrá opciones básicas y la opción de habilitar alarmas acorde a los estados lógicos deseados.

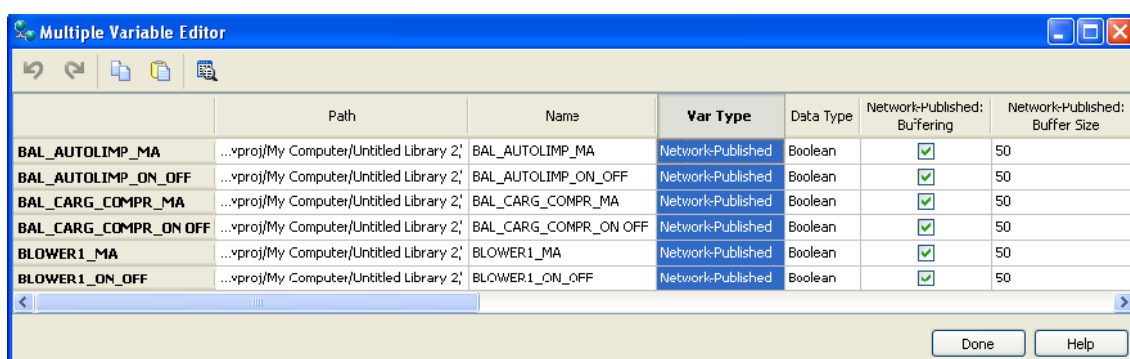


Figura 3-11 Ventana de edición de variables booleanas

Para variables tipo Word o DWord, existen más configuraciones entre las más importantes está el escalamiento para los datos de temperaturas, los límites para rangos de ingreso en las recetas, y los de pesos.

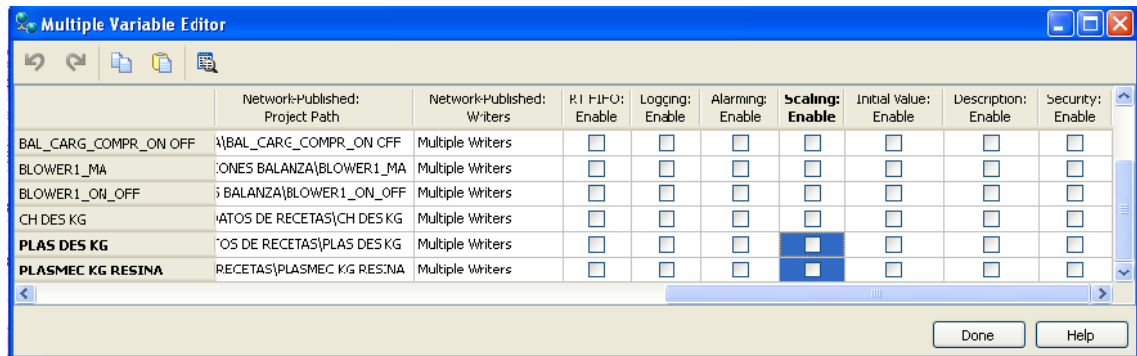


Figura 3-12 Ventana de edición de variables tipo Word

Las variables acorde se vayan añadiendo al Proyecto principal en LabVIEW completarán todas las etapas para finalmente poder tener todas las variables ya disponibles para añadirlos cuando se las requiera utilizar en el diseño de la pantalla de interfaz (HMI).

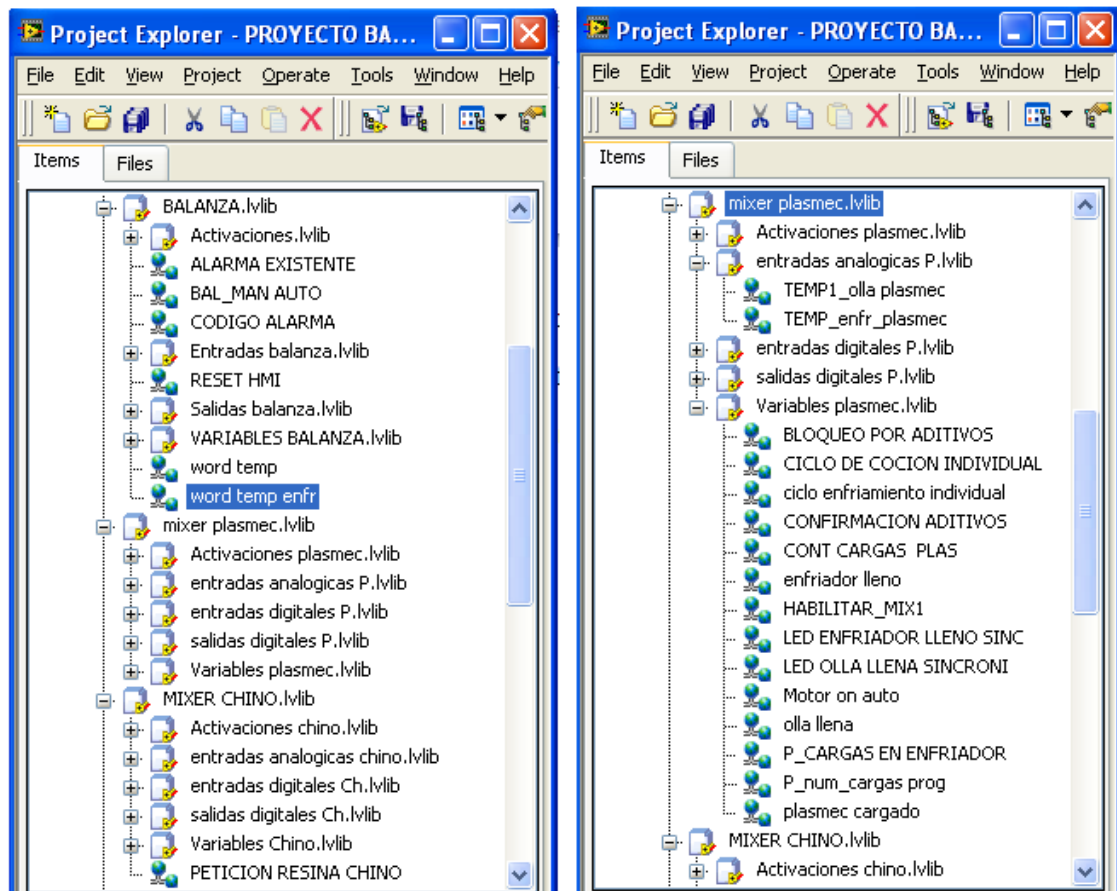


Figura 3-13 Variables Agrupadas Por Librerías

Terminado este procedimiento se puede iniciar la creación de las pantallas que conforman al HMI.

3.2.4 VINCULACIÓN INDIVIDUAL

Para vincular las variables inscritas en un VI, hacia el OPC SERVER se puede realizar de manera independiente variable a variable y a su vez que una sola variable en el I/O SERVER pueda ser monitoreada y controlada desde distintos VIs, o desde diferentes puntos en un mismo VI.

Normalmente en el caso del sistema de pesaje, las visualizaciones de datos se las requiere en diferentes pantallas así que para ello bastará con vincular mediante las opciones y la ventana “Data Binding” (enlace de datos).

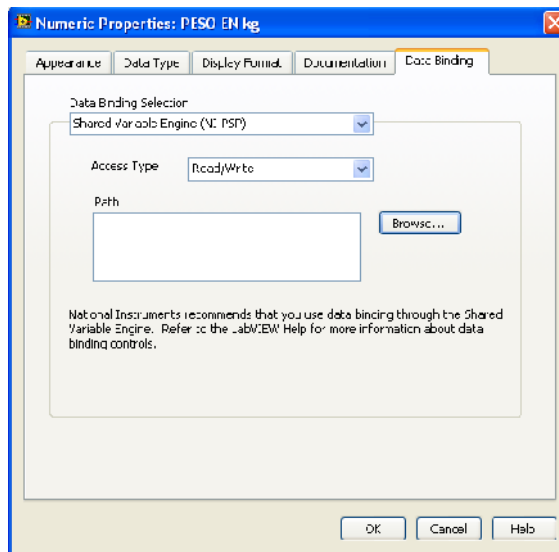


Figura 3-14 Propiedad De Enlace De Datos De Las Variables

Cada objeto sea control o indicador en el panel frontal, tiene un menú de opciones en donde se puede configurar entre algunas funciones el enlace de datos.

En la opción *data binding*, se indicará que es una “*shared variable engine*” que permite compartir la variable, el tipo de acceso que será de lectura y escritura dependiendo la variable. El *Path* es la ubicación que tiene la variable deseada en el proyecto, así que ahí debe ubicarse la variable de manera similar como en el ítem “3.2.3. Crear y Vincular Variables al I/O Server”

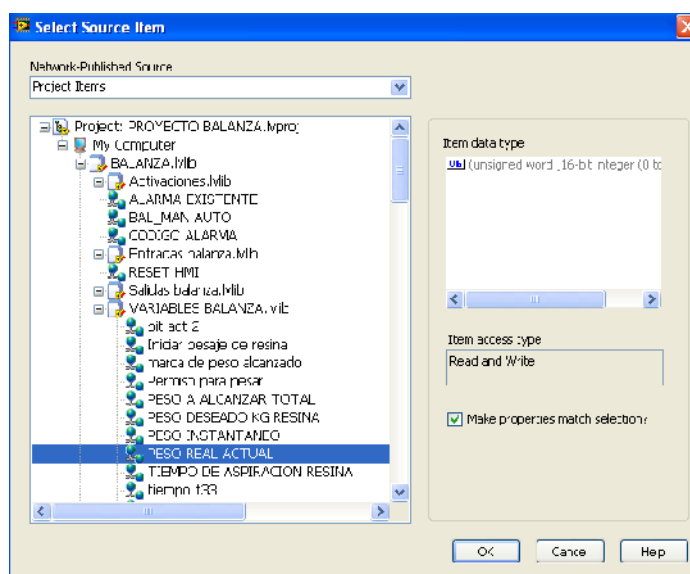


Figura 3-15 Explorador De Variables Vinculadas Para Enlazar

Una vez seleccionada la variable a vincular, esta tendrá el valor de la variable y permitirá visualizar o controlar, lógicamente si es permitido en el OPC Server.

Entonces se crea un indicador tipo bandera que permite ver el estado del enlace, si el enlace es bueno y la lectura se está transmitiendo correctamente estar en verde caso contrario en rojo.



Figura 3-16 Visualizador de peso con Led indicador de estado del enlace

3.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA (HMI)

Las pantallas que se construyen en esta etapa son las que forman parte de la interfaz de usuario final.

Para esto es necesario tener las variables vinculadas al Servidor OPC ya en el proyecto principal previamente vinculadas y estructurado la forma en la que se ejecutarán.

3.3.1 UTILIDADES

Para la elaboración del proyecto de pesaje y mezcla se debe tener en cuenta los requerimientos del sistema así como las funcionalidades que brindará el sistema HMI, los datos que serán manipulados desde esta interfaz y las comunicaciones que se desarrollarán en esta plataforma (RS -232 en este caso).

3.3.1.1 RECEPCIÓN DE DATOS SERIAL

Para la recepción del dato de peso de la resina en la balanza, vía protocolo serial desde el concentrador GSE 250 hacia el HMI, es necesario crear una subrutina

(SubVI en el caso de LabVIEW), que permita ejecutar paralelamente y en tiempo real la recepción del peso de manera que se recepte este dato durante la ejecución de la aplicación generada para el HMI.

Este SubVI, permite que el dato se siga transmitiendo mientras el usuario se desplace en cada pantalla del todo el sistema, por ello será incluido en cada uno de los VIs de control.

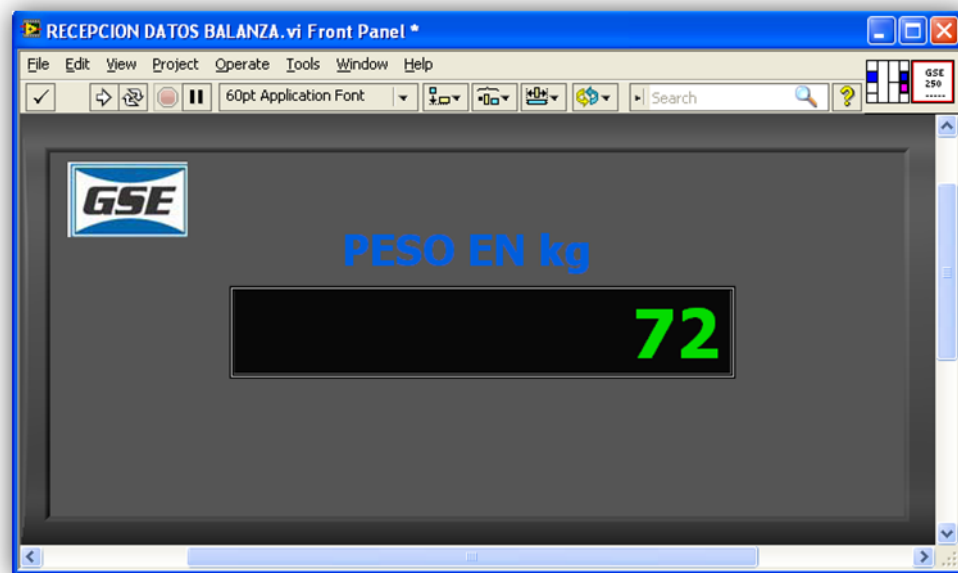


Figura 3-17 Panel Frontal del VI de recepción de datos serial

Creado como SubVI, este permite ejecutarse al mismo tiempo del VI principal que lo está llamando.

LabVIEW presta VIs de configuración propios de su librería, como son el “Serial Port Init”, “Serial Port Write” y “Serial Port Read”.

El funcionamiento de esta pantalla, se describe en el código grafico que está en la siguiente gráfica.

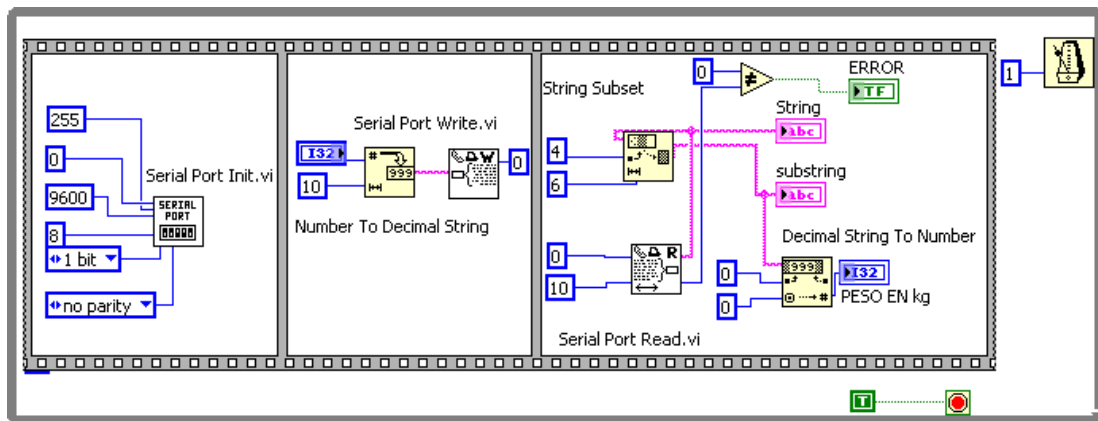


Figura 3-18 Diagrama de bloques del VI de recepción serial

El SubVI, tendrá un dato de entrada y dos de salida (Conectores), en este caso el de salida será una constante que pide continuamente el dato al concentrador GSE 250 y el de entrada será el que percibe del concentrador en *entero*.

Para que se recepte el dato es necesario la configuración del puerto (serial port init), que como se indica en este caso será el puerto COM 1, entonces acorde a las características de LabVIEW, se define con el puerto “n-1”; donde n es “1” (número del COM), y se configurará con puerto “0” para que detecte al puerto genérico de la CPU.

Tras inicializar el puerto, y cargados las características del bloque, como son velocidad de transmisión a 9600 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de stop y la no paridad. Que son las mismas características de comunicación que presta el GSE – 250. Ver anexo “GSE - 250”

Entonces se escribe el dato en formato *string*, en el segundo bloque del mismo puerto “0”. Finalmente recepta el dato en el tercer bloque y extrae los caracteres útiles que contiene el dato de peso solamente, y lo convierte en un entero que puede ser vinculado directamente por el “Data Binding”

El dato serial es transmitido hacia el PLC mediante el servidor OPC, en un Ítem OPC, configurado como *Read/Write* (lectura/escritura)

3.3.1.2 VI DE CONTROL MANUAL AUTOMÁTICO

Para que sea posible el cambio de control manual – automático, de manera individual y por medio de una sola llamada se ejecuta un SubVI, que permita tener acceso a cada bit de control de acuerdo a la lógica establecida en el programa del PLC.

La pantalla que es visualizada por el usuario al momento de manipular un control en manual se indica en la siguiente grafica



Figura 3-19 Panel Frontal del VI Controls

En la pantalla “controls” se visualiza el estado actual de la salida mediante el indicador led, el nombre del dispositivo en el caso del ejemplo “válvula de descarga Plasmec” , el interruptor virtual manual – automático, y en el caso que se requiera controlar en modo manual la opción de “encender” o “apagar” según el estado actual. Para salir simplemente basta con la confirmación de los cambios y regresará hacia el dispositivo de donde se llamó al SubVI.

La programación de esta pantalla se detallada en la siguiente figura.

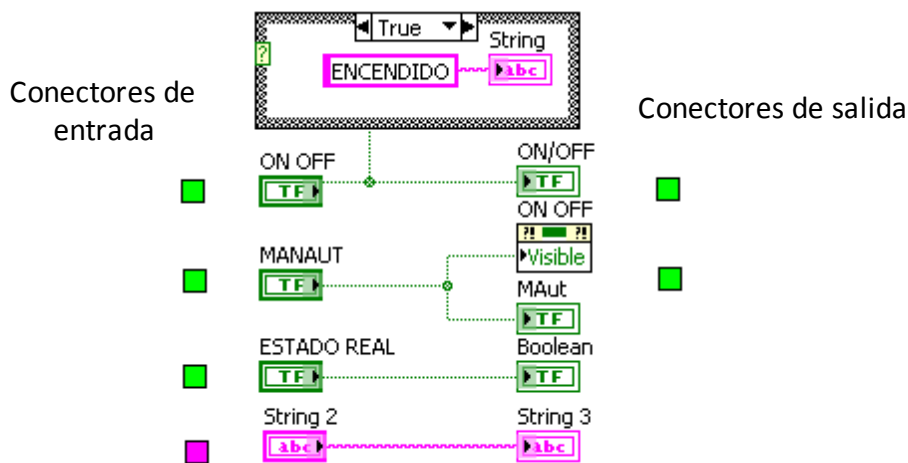


Figura 3-20 Diagrama de bloques del VI Controls

En esta pantalla existen cuatro conectores de entrada (datos de entrada) y dos de salida.

Los bits ON/OFF, MANAUT, Estado real y el string que contiene el nombre del dispositivo que llamo al SubVI. Estos datos son los iniciales que tendrá el objeto a manipular antes de ejecutar el llamado a este SubVI. Si se editaron los controles los datos de salida varían y eso permite que se ejecute el comando manual automático de cada objeto.

Los datos de salida escribirán los nuevos estados de los bits de encendido ON/OFF y MAut al confirmar los cambios.

3.3.1.3 EVENTOS DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL

En cada VI de todo el sistema se incluye la animación y visualización de cada elemento actuador, al posicionarse sobre un dispositivo se podrá visualizar el label correspondiente. Y al hacer clic sobre él se ejecuta la ventana de control que permitirá comandar un objeto de la pantalla.

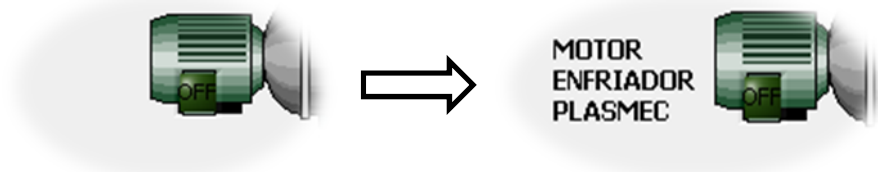


Figura 3-21 Visualización Del Label En Actuadores

La programación tanto para la visualización como para el control se detalla en la figura siguiente donde se puede verificar su vínculo con los datos de entrada y salida del VI llamado “controls”.

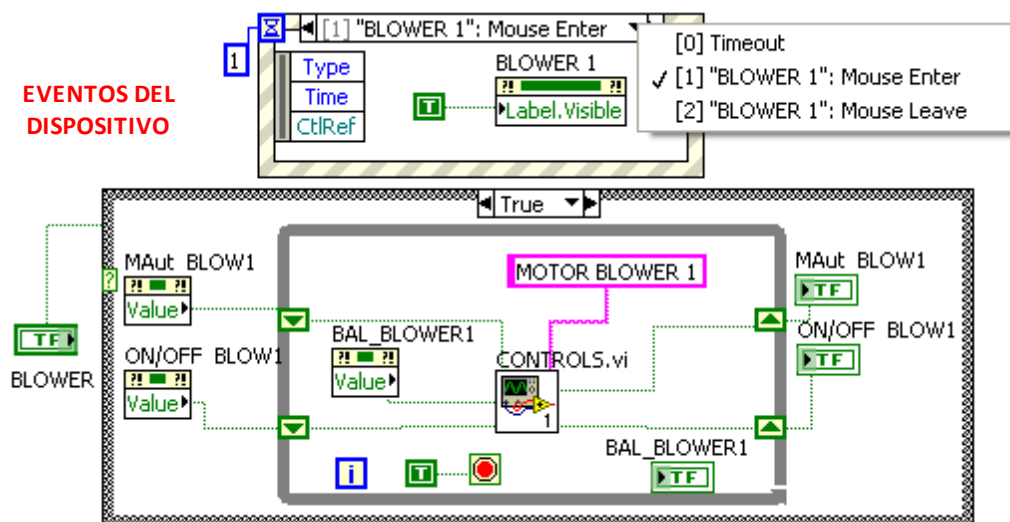


Figura 3-22 Diagrama De Bloques Del Control Manual Automático

El evento “*Mouse Leave*” permite visualizar el label del dispositivo, al posicionar el puntero del mouse sobre el dispositivo.

Para la apertura del control manual existe un “*case structure*” que permite identificar la acción del evento clic y cuando esta se ejecuta carga los valores iniciales de los bits “Maut” y “ON/OFF” del dispositivo específico por medio del “*shift register*”, y el estado real de la salida hacia el SubVI “controls” y los datos que salen de este se guardarán en la mismas variables como datos iniciales para la próxima vez que se ejecute el evento.

3.3.1.4 MENSAJES DE ALARMA

En todo el sistema HMI, se encuentra un indicador ubicado en la parte inferior de todas las pantallas, que permite visualizar el estado del proceso, señales de fallo y advertencias. Allí se visualiza tanto el código de la alarma, como la descripción de la misma, facilitando la ubicación del fallo.



Figura 3-23 Pantalla De Visualización De Alarmas

Para que la visualización y despliegue de textos sea efectiva la programación de esta utilidad será incluida en cada uno de las pantallas, como se detalla en la figura siguiente.

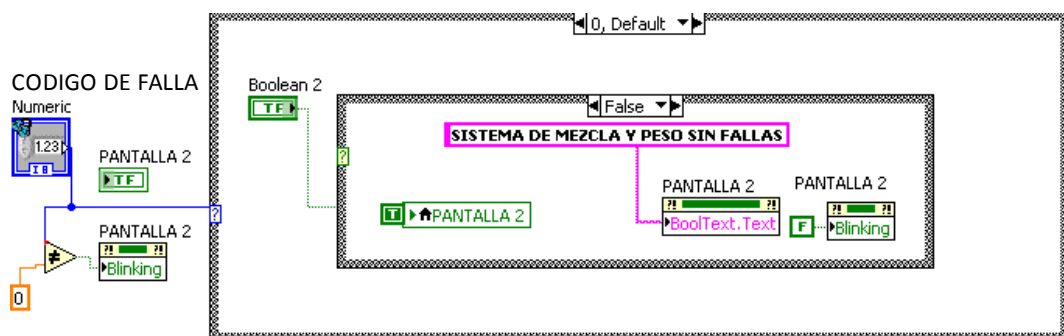


Figura 3-24 Programa de la pantalla de alarmas

Para que cada mensaje sea identificado por el “*case structure*” el código de falla del diagrama de bloques está vinculado al código de falla enviado desde el PLC.

En este caso el indicador es un Led, que de no existir falla o advertencia alguna, permanecerá encendido con el texto “sistema de mezcla y pesaje sin fallas” sin acción alguna, mientras que si el valor es diferente a cero, el texto cambiará acorde al código de falla y la alarma asignada.

Para esto se utiliza la propiedad de texto y *Blinking* del “*property node*” de la pantalla, y para que tenga animación e indique si es una advertencia o falla directa que influya en el proceso en base al color, amarillo en caso de advertencia y rojo en caso de falla, en base a la siguiente tabla.

CÓDIGO DE FALLA	DESCRIPCIÓN
1	PLC_ ERROR EN ENTRADAS O SALIDAS (TERMOCUPLA)
2	PLC_ EN MODO STOP
5	BAL_PARO DE EMERGENCIA ACCIONADO
6	BAL_NIVEL DE RESINA BAJO
7	BAL_E_M1 TÉRMICO TORNILLO
8	BAL_E_M2 TÉRMICO CADENA
9	BAL_E_BLOWER TÉRMICO BLOWER
10	BAL_E_M3 TÉRMICO AUTO LIMPIEZA
20	PLASMEC - PARO DE EMERGENCIA ACCIONADO
21	PLASMEC - EXCEDIDO TIEMPO DE COCCIÓN
22	PLASMEC - NO CARGO ADITIVOS
23	PLASMEC - E_M4 TÉRMICO DEL MOTOR PRINCIPAL
24	PLASMEC - E_M5 TÉRMICO DEL MOTOR DEL ENFRIADOR
25	PLASMEC - E_M6 TÉRMICO DEL ELEVADOR DEL ENFRIADOR
26	PLASMEC - E_M7 TÉRMICO DEL MOTOR DESCARGA TOLVA
32	PLASMEC - EXISTEN DISPOSITIVOS EN MANUAL / ON
33	PLASMEC - TAPA DE LA OLLA ABIERTA
34	PLASMEC - LS_4 NO CIERRA PISTÓN DESCARGA OLLA
35	PLASMEC - LS_6 NO ABRE PISTÓN DESCARGA ENFRIADOR
36	PLASMEC - LS_7 TAPA DEL ENFRIADOR ABIERTA
37	PLASMEC - LS_8 NO EXISTE PRESIÓN DE AIRE
38	PLASMEC - LS_2 NO CIERRA PISTÓN DESCARGA DE TOLVA
43	CHINO - PARO DE EMERGENCIA ACCIONADO
44	CHINO - EXCEDIDO TIEMPO DE COCCIÓN
45	CHINO - NO CARGO ADITIVOS
46	CHINO - E_M4 TÉRMICO DEL MOTOR PRINCIPAL
47	CHINO - E_M5 TÉRMICO DEL MOTOR DEL ENFRIADOR
48	CHINO - E_M6 TÉRMICO DEL ELEVADOR DEL ENFRIADOR
49	CHINO - E_M7 TÉRMICO DEL MOTOR DESCARGA TOLVA

55	CHINO - EXISTEN DISPOSITIVOS EN MANUAL / ON
56	CHINO - TAPA DE LA OLLA ABIERTA
57	CHINO- LS_4 NO CIERRA PISTÓN DESCARGA OLLA
58	CHINO - LS_6 NO ABRE PISTÓN DESCARGA ENFRIADOR
59	CHINO - LS_7 TAPA DEL ENFRIADOR ABIERTA
60	CHINO - LS_8 NO EXISTE PRESIÓN DE AIRE
61	CHINO- LS_2 NO CIERRA PISTÓN DESCARGA DE TOLVA

Tabla 3-1 Código de falla y descripción

De existir una advertencia o falla en el sistema, se visualizará tanto el código como la descripción.

3.3.2 BIENVENIDA

La pantalla inicial del “SISTEMA DE PESAJE Y MEZCLA DE MATERIA PRIMA”. Es el VI llamado bienvenida el cual es la presentación del proyecto hacia el usuario cuando inicie el sistema HMI.



Figura 3-25 Panel Frontal del VI Bienvenida

La ejecución de esta pantalla será instantánea, solo es una informante del proceso y la autoría del mismo. El programa desarrollado en el diagrama es el de la siguiente gráfica.

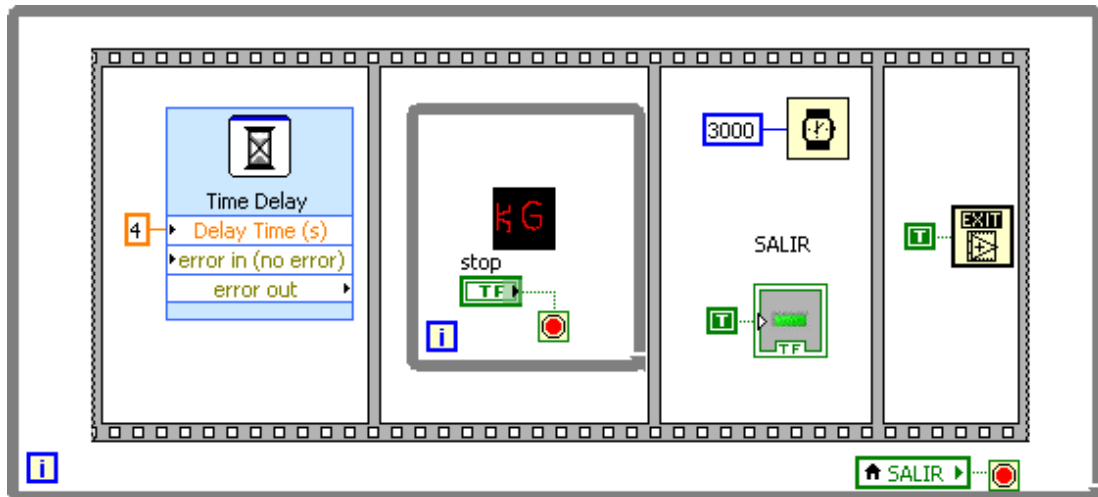


Figura 3-26 Diagrama de bloques del VI Bienvenida

La programación de la pantalla “bienvenida” hace que se ejecute por 4 segundos (tiempo de muestreo), por medio del “*Flat Sequence Structure*” al ejecutar el segundo cuadro, llama al VI, “iniciar ciclo” y mientras este se ejecute no continuará al siguiente bloque, el cual solo cerrará la aplicación.

3.3.3 INGRESO Y SELECCIÓN DE RECETAS

Al ingresar al sistema principal, la pantalla que se visualiza es la de configuración de receta, cargas deseadas en cada mezclador y las habilitaciones correspondientes para cada uno de ellos.

Figura 3-27 Panel Frontal Del VI Iniciar Ciclo

El usuario tiene acceso a la habilitacion individual , puede elegir la receta de la lista desplegable e ingresar las cantidades que requiera preparar en cada uno. Puede seleccionarse un mezclador a la vez e ingresar al sistema de control general asi como salir del sistema.

Figura 3-28 Edición De Controles En VI Inicio De Ciclo

El diagrama de bloques de este VI, esta estructurado como se muestra en la gráfica siguiente.

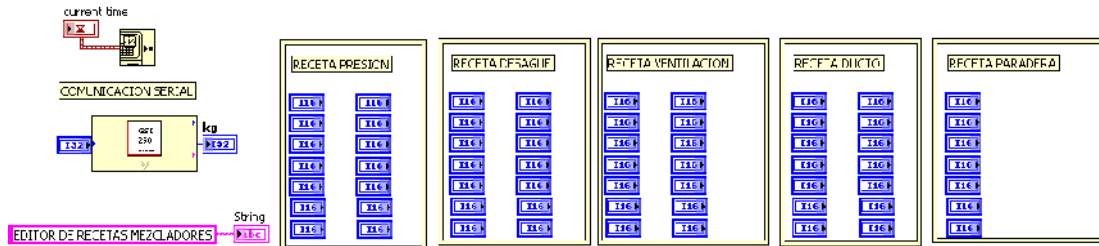


Figura 3-29 Diagrama De Bloques Del VI Inicio De Ciclo

Cada variable de esta pantalla está vinculada al IO SERVER, para que exista conexión directa con las variables del PLC, estas al asignarlas por grupos identifican cada receta y permite que al ser seleccionado el producto se carguen en el proceso y varié los valores de temperaturas de cocción, de ingreso de aditivos, peso de resina y tiempos del proceso que son propios para cada producto.

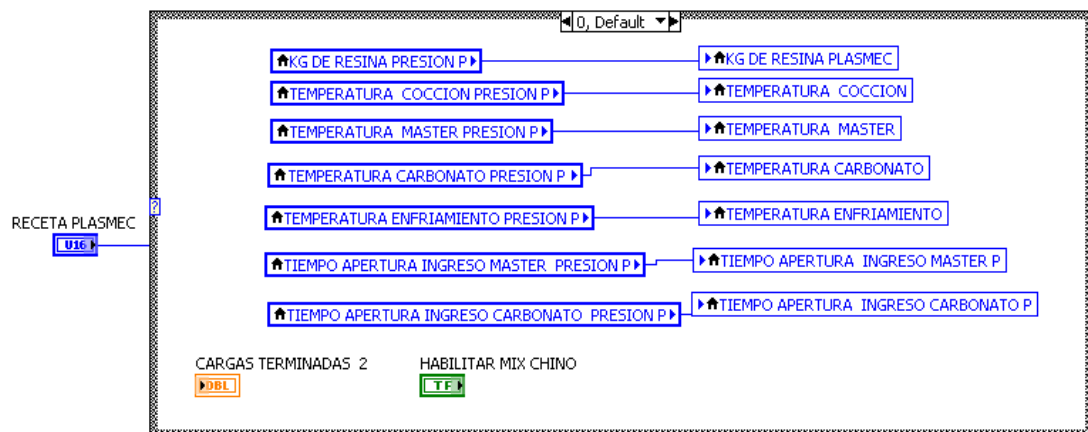


Figura 3-30 Selección De Receta En El VI Inicio De Ciclo

La lista desplegable, en este caso la selección de receta cargará estos valores en bloque por medio del “*case structure*”

En esta pantalla también se ejecuta el visualizador de alarmas general del sistema, la visualización del peso actual de la balanza y la fecha y hora actuales mostradas desde el bloque “*current time*” en el diagrama de bloques.

3.3.4 BALANZA

La interfaz de la etapa Balanza es la interfaz principal una vez ingresado al sistema. El nombre del VI es “VI principal”, aquí se puede visualizar tanto el estado de las variables como el peso actual en la balanza.

En esta pantalla se puede controlar el proceso tanto en automático para control global y manual para el control individual de cada dispositivo.

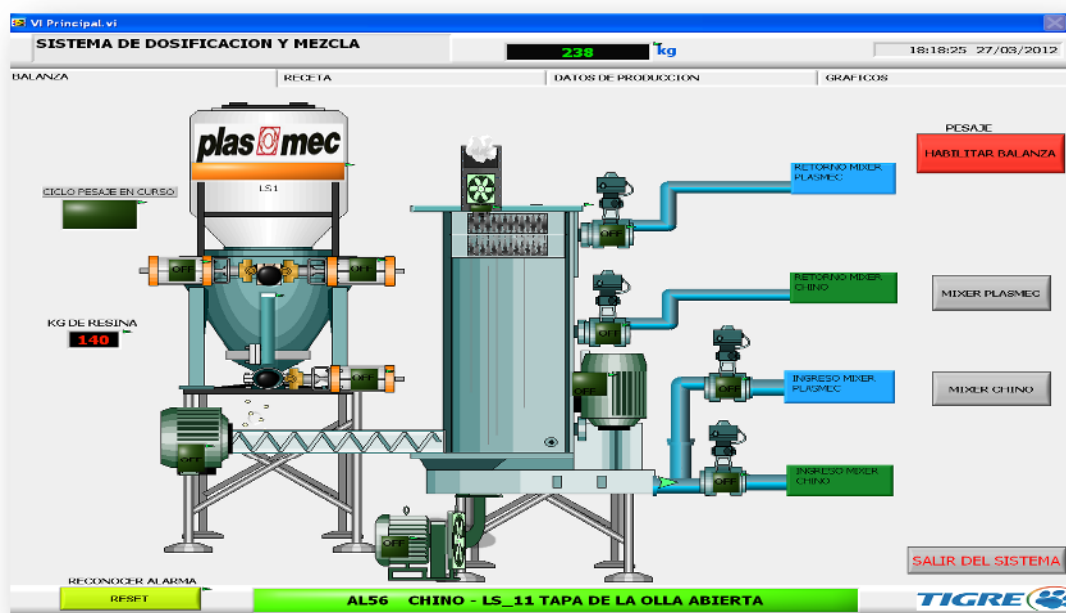


Figura 3-31 Pantalla principal del sistema o VI Principal

Desde esta pantalla se puede acceder hacia el Mezclador Plasmec y Mezclador Chino, también existe otra pestaña llamada “receta” que permite visualizar la receta previamente cargada y los valores precargados acorde a la selección.

Desde esta pestaña dentro del mismo VI Principal, se puede acceder hacia el editor de recetas.

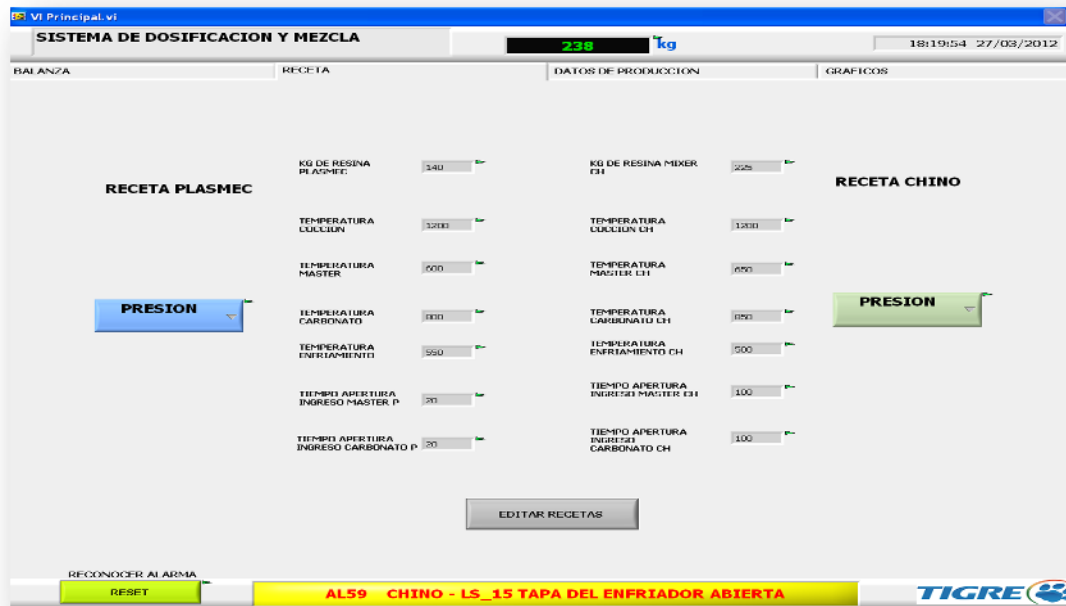


Figura 3-32 Pestaña Receta En El VI Principal

La programación de la pantalla incluirá las utilidades ya descritas en el ítem “3.3.1. Utilidades”.

Para que se pueda ejecutar los SubVI se utiliza la programación orientada a objetos que permite actuar sobre cada elemento en este caso los dispositivos a controlar.

Las animaciones permiten que indiquen hacia donde está fluyendo el producto en base a estados del proceso, permitiendo visualizar o no a indicadores, la propiedad “visible” del elemento permite animar el proceso para que sea interactivo, mediante una variable que esté cambiando constante mente en función del tiempo de ejecución.

Los reportes de producción se generan directamente desde el VI principal, donde los datos de cuenta de cargas terminadas y peso de resina, de acuerdo a la receta seleccionada son visualizados previos a la generación del reporte. De no generarse el reporte los datos se mantienen en los indicadores de acuerdo al estado actual del proceso. Al generarse el reporte los contadores internos de cargas y peso se reinician y el sistema regresa a la página de configuración de recetas e ingreso al sistema HMI.



Figura 3-33 Pestaña De Reportes De Producción

En la última pestaña puede visualizarse gráficamente la cantidad de resina utilizada, y variables importantes como las temperaturas del proceso.



Figura 3-34 Grafico De Resina Utilizada

La programación de este VI se detalla en la figura siguiente.

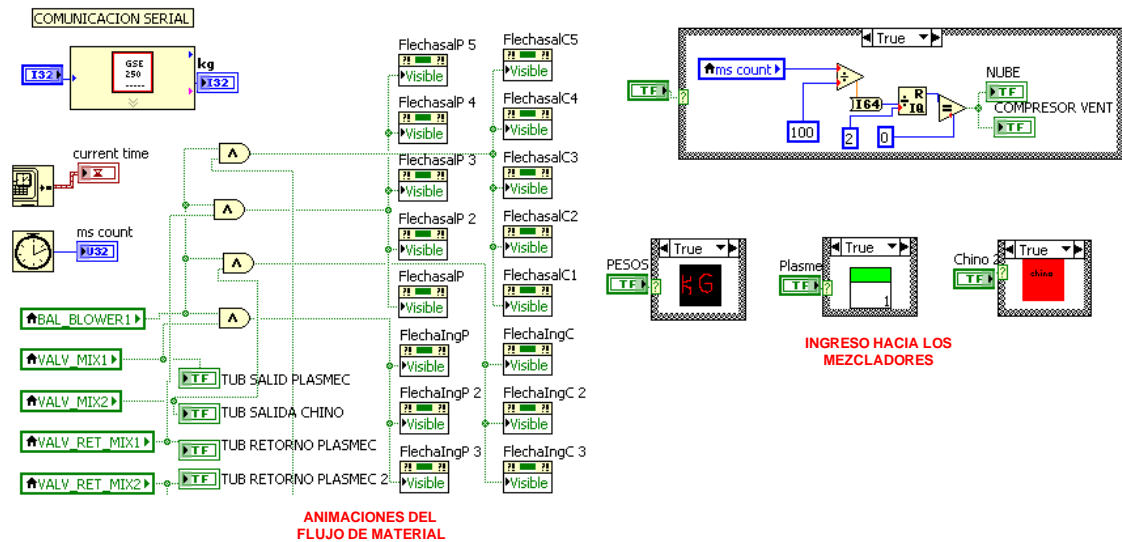


Figura 3-35 Diagrama De Bloques Del VI Balanza

Para dirigirse hacia las otras pantallas existen tres pulsadores que llaman a los VIs, Plasmec, Chino, Pesos.

3.3.5 MIXER PLASMEC

La pantalla de interfaz de usuario del Mezclador Plasmec, permite visualizar el estado general de toda esta etapa del sistema, desde la descarga e ingreso de la materia prima hasta la evacuación final de la materia prima hacia el silo Plasmec.

De igual manera acceder a los controles individuales en manual y la habilitación general en automático del proceso de mezcla.

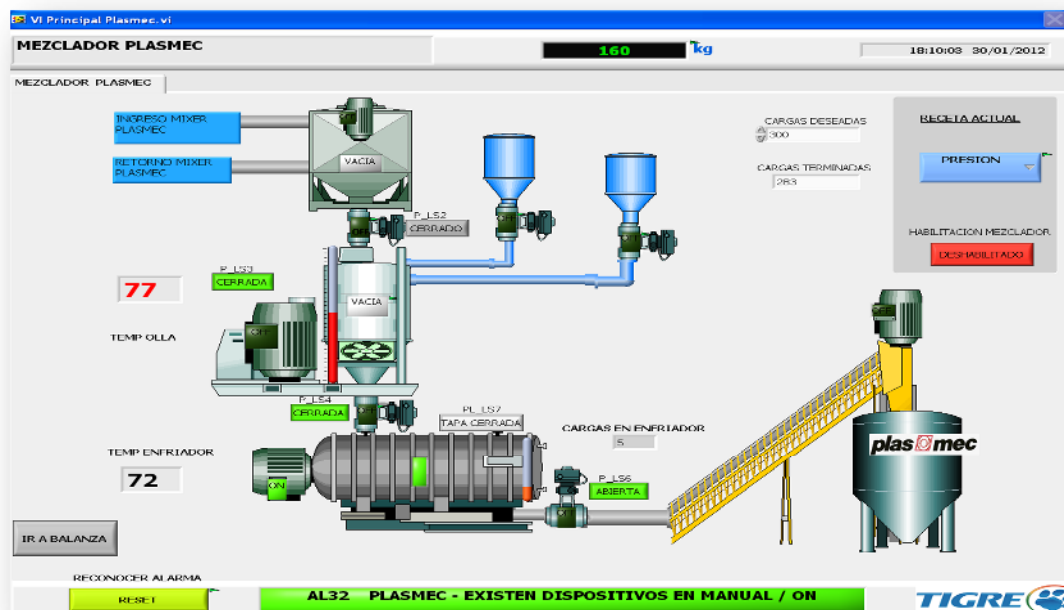


Figura 3-36 Pantalla del mezclador Plasmec

Desde esta pantalla se puede verificar la secuencia de funcionamiento en tiempo real de todo el mezclador, el proceso de cocción como la temperatura e ingreso de aditivos, así como las temperaturas de enfriamiento.

También puede visualizar la cantidad de cargas terminadas y las deseadas de la receta seleccionada previamente.

La programación de esta pantalla se resume en la figura siguiente, donde se incluyen varias utilidades ya descritas como la recepción serial, la hora y fecha, visualizador de alarmas, control manual automático y los eventos para el llamado a los SubVI.

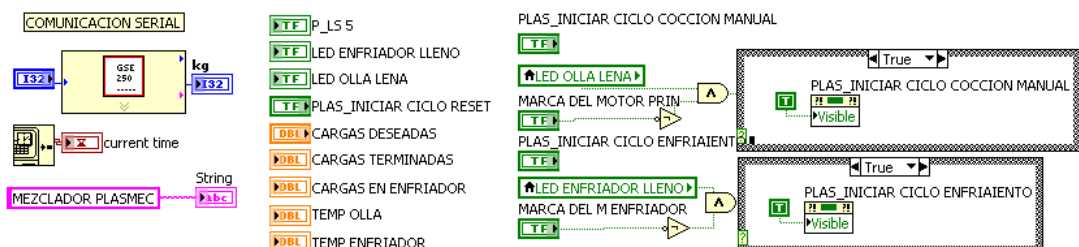


Figura 3-37 Diagrama de bloques Del VI Plasmec

El diagrama de bloques de esta pantalla presta ciertas condiciones que permiten controlar y monitorear el proceso de manera más sencilla, pues gracias a los eventos y propiedades de los elementos se puede habilitar o deshabilitar controles acorde al estado actual del proceso o actuar ante un inicio de ciclo posterior a una falla.

Desde el mezclador Plasmec puede retornarse al VI Principal que es de donde se lo llama previamente.

3.3.6 MIXER CHINO

La pantalla del mezclador Chino es de características similares a las del Mezclador plasmec debido a la similitud de funcionamiento en el SISTEMA DE PESAJE Y MEZCLA, es así como se facilita más aun la operación. Ver ítem “3.3.5 Mixer Plasmec”

La pantalla del Mezclador Chino se visualiza como la siguiente gráfica.

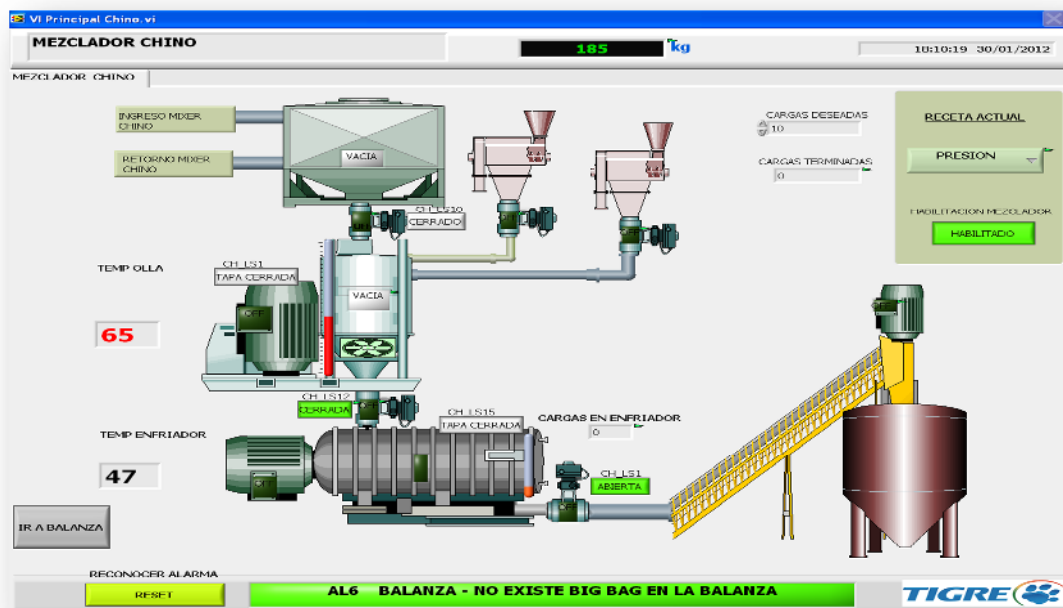


Figura 3-38 Pantalla Del Mezclador Chino

3.3.7 EDITOR DE RECETAS

Tanto en el Mezclado Plasmec como en el Mezclador Chinose puede cargar y editar la receta, para ingresar a esta pantalla se debe ingresar desde el VI Principal desde la pestaña “receta”.

El VI Edicion Recetas, permite modificar cada uno de los parámetros configurables por el usuario, donde se puede visualizar una pestaña para cada receta.

General, Presión, Desague, Ventilación, Ducto y Paradera son cada una de las pestañas de la pantalla Edicion Recetas.

En cada pestaña hay la opción de setear cada parámetro uno por uno, y estas se transferirán hacia el PLC mediante la vinculación OPC de cada variable.

Tras editar los valores se retorna hacia el VI Principal tras accionar el botón “guardar cambios”.



Figura 3-39 Pantalla del VI Edición de Recetas

De igual forma se incluyen las utilidades de otros VIs.

La programación de la pantalla se resume a la asignación en bloque, de las variables ya vinculadas al servidor OPC. El diagrama de bloques de la pantalla Edición Recetas se resume en la figura siguiente.

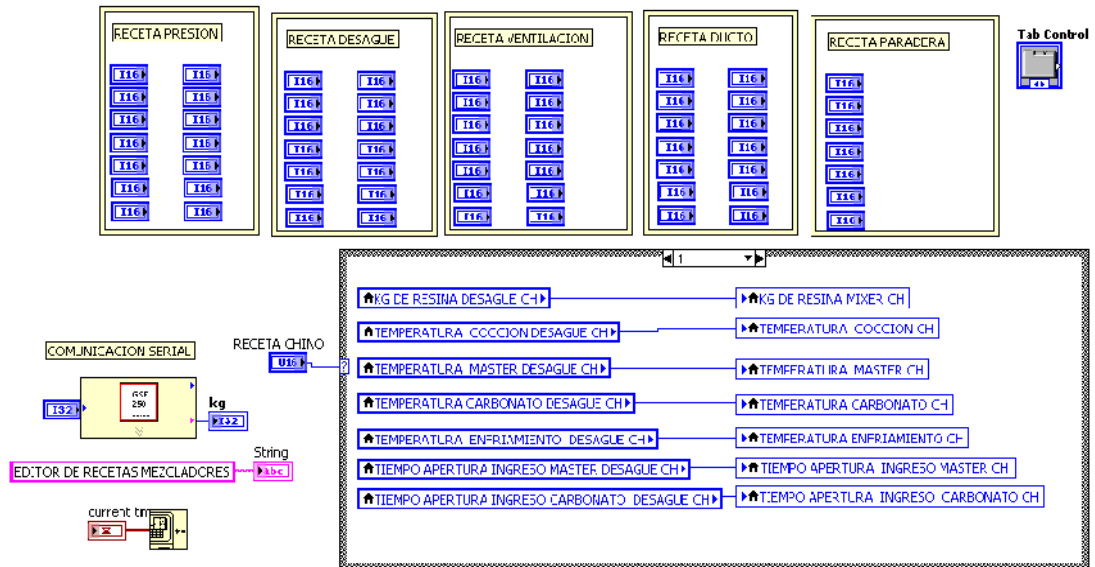


Figura 3-40 Diagrama De Bloques Del VI Edición De Recetas

Para cada mezclador existe un grupo de variables y estas se asignan por bloques, el “*Tab Control*” utilizado permite que se desplace fácilmente por cada una de las pestañas, y se organicen de mejor forma las recetas.

3.3.8 REPORTE DE PRODUCCIÓN

Los reportes de producción que se generan desde el sistema HMI, permiten que los resultados del proceso se resuman en una sola hoja de cálculo, donde en función de las recetas y las cargas elaboradas en cada uno de los mezcladores se importen hacia un archivo en Excel.

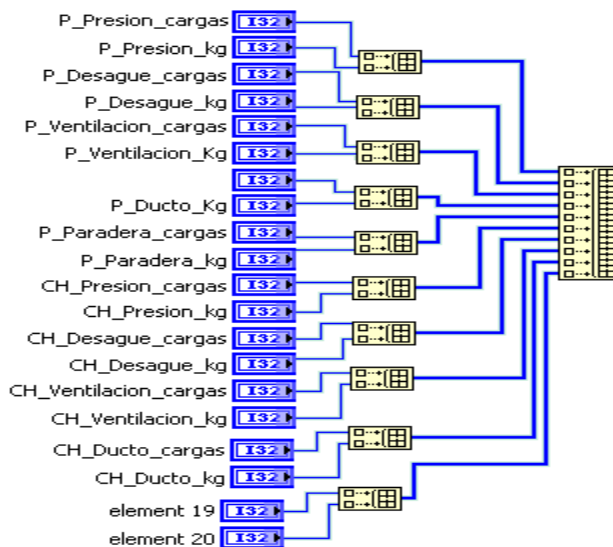


Figura 3-41 Arreglo de datos para vinculación a tabla de reportes

El documento creado responde a una plantilla creada estratégicamente para que almacene los datos necesarios del proceso, para darle nombre al documento se concatenan “strings” que en este caso contiene el turno de producción, la fecha y finalmente la extensión .xlsx, que permite su apertura en Microsoft Excel.

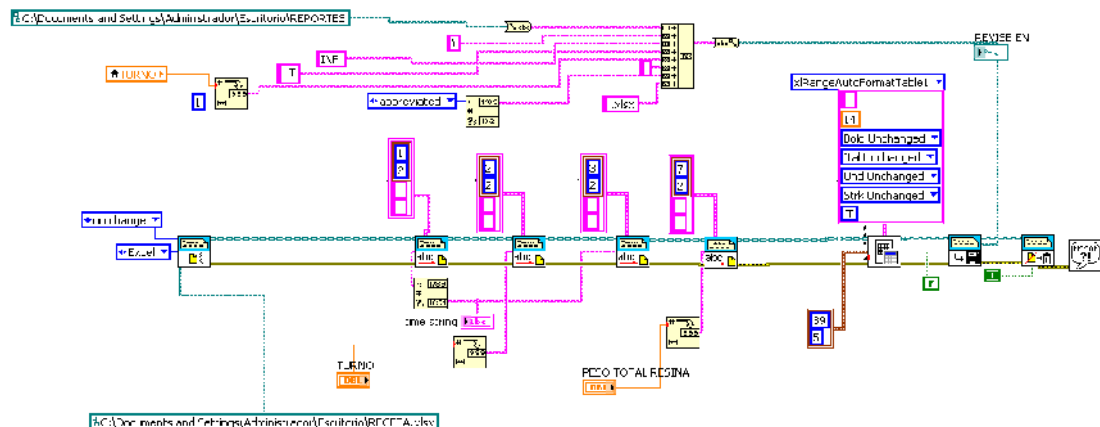


Figura 3-42 Diagrama De Bloques Para Generación De Reportes A Office

Para crear el documento debe configurarse que será en Excel donde se creará el reporte, así mediante el “append report text” puede enviarse un dato celda a celda que en este caso contiene el turno, peso de resina y la fecha universal.

Entonces se puede anexar la tabla vinculada anteriormente con la ayuda del “*NI_ReportGenerationToolkit.lvlib:Excel Easy Table*”, configurando las celdas donde se van a mostrar cada valor principalmente.

Finalmente con el “*path*” creado para el nombre se guarda el archivo en la ubicación indicada terminando la generación del reporte de producción. Este documento simplifica la tarea de control de cargas y genera un control en función del peso en báscula, con datos confiables y reales.

3.4 SERVIDOR OPC

3.4.1 OPC

El OLE²² (*Object Linking and Embedding*) para control de procesos (OPC) es un estándar abierto para compartir datos entre dispositivos de campo y aplicaciones de ordenador basado en OLE de Microsoft.

Permite a las aplicaciones leer y escribir valores de proceso y que los datos sean compartidos fácilmente en una red de ordenadores. El estándar, gobernado por la Fundación OPC, es de dominio público y disponible para cualquiera que quiera usarlo. Tradicionalmente, los fabricantes de software para el acceso de datos de proceso tenían que desarrollar drivers específicos para cada tipo de hardware al que querían acceder.

Cada software requería un driver distinto para cada hardware, implicando un esfuerzo enorme, al que hay que añadir el de las actualizaciones continuas.

²² Object Linking and Embedding (OLE), es una tecnología desarrollada por Microsoft, que permite vincular e integrar objetos a documentos y otros tipos objetos.

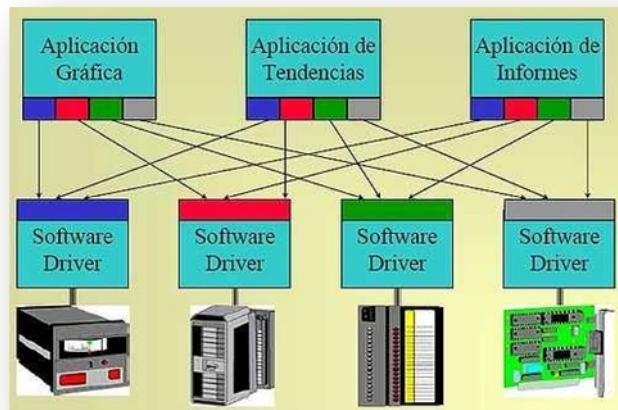


Figura 3-43 Problema sin tecnología OPC²³

Con OPC:

- Los fabricantes de hardware sólo tienen que preparar un conjunto de componentes de software para que los clientes los utilicen en sus aplicaciones.
- Los desarrolladores de software no tienen que reescribir los drivers debido a nuevas versiones de hardware.
- Los usuarios finales tienen muchas más alternativas de integrar distintos sistemas.
- Existe una solución abierta y flexible al clásico problema de los drivers propietarios.

²³<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7c/probleopc.jpg/500px-probleopc.jpg>

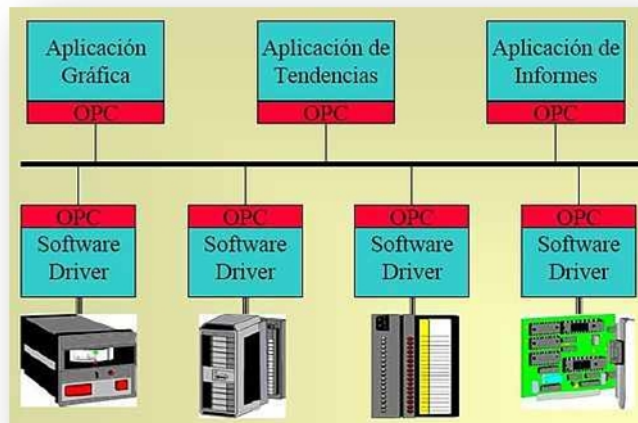


Figura 3-44 Solución con OPC²⁴

Una aplicación OPC, como cualquier otra aplicación OLE (o DDE), constará de servidores y clientes OPC.

3.4.1.1 ARQUITECTURA Y ACCESO A LOS DATOS EN OPC

La arquitectura OPC es un modelo cliente-servidor donde el servidor OPC brinda una interfaz para manejar todos los objetos OPC.

Un servidor de datos OPC, está conformado por varios elementos; el servidor (el server), el grupo (group) y el elemento (ítem).

Los servidores están organizados en grupos y cada grupo puede contener distintos ítems.

²⁴<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/soluciopc.jpg/500px-soluciopc.jpg>

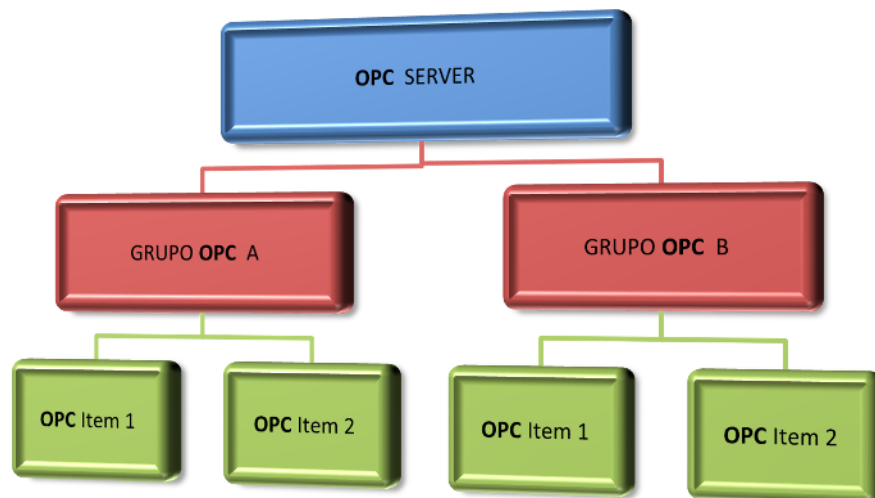


Figura 3-45 Relación entre elementos de un servidor OPC

El servidor OPC, mantiene información sobre sí mismo y contiene los objetos del grupo OPC. El grupo OPC mantiene información sobre sí mismo y provee mecanismos para contener y organizar lógicamente los ítems. Todo acceso hacia un Ítem OPC es mediante un objeto de Grupo OPC el cual contiene el Ítem OPC, un ítem representa una conexión a fuentes de datos dentro de un servidor OPC.

3.4.2 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR OPC

Definido el uso del OPC SERVER de National Instruments, inicia la configuración para su conexión con el controlador (PLC), para esto debe configurarse tanto el canal y el protocolo de comunicación a utilizarse así también como el dispositivo a utilizar en este caso el PLC S7-200 de SIEMENS.

3.4.2.1 Configuración del Canal

El canal representa un medio de comunicación desde el PC (MTU) a uno o más dispositivos externos (PLC). Antes de añadir dispositivos a un proyecto, se debe definir el canal a usar para comunicarse con los dispositivos. Un canal y un controlador de dispositivo están estrechamente vinculados. Después de crear un canal, sólo los dispositivos que admite el controlador seleccionado se puede agregar a este canal.

El paso inicial para configurar el canal será abrir el servidor OPC, crear un nuevo proyecto y en la opción “*clic to add cannell*” donde pide el nombre lógico para el uso del canal. Este nombre debe ser único entre todos los canales y dispositivos definidos en el proyecto.

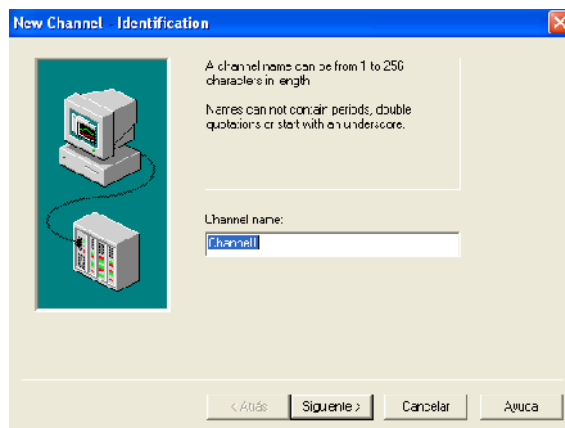


Figura 3-46 Asignación Del Nombre Del Canal

Creado el canal se configura el controlador (PLC), que es el dispositivo con el que el servidor se comunicará, en este caso será el protocolo Ethernet, de siemens que se desplegará en la lista de “*device drive*”.

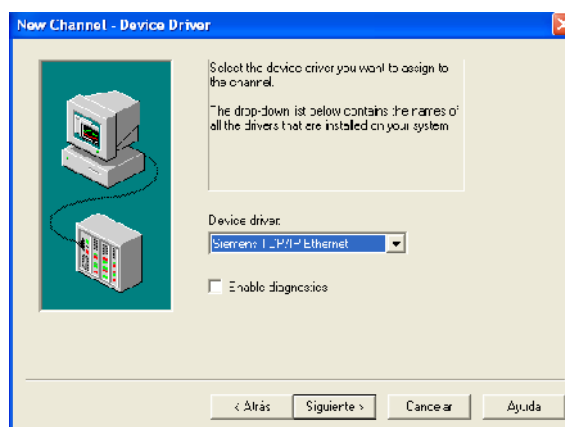


Figura 3-47 Selección Del Driver Asignado Al Canal

Se configura al canal a comunicarse utilizando un adaptador de red disponible en el equipo, en este caso la tarjeta de red genérica detectada en la PC (MTU).

En este caso se puede visualizar incluso la dirección IP de la MTU que ya estuvo previamente configurada. Ver ítem “2.4.2 Pruebas de Conectividad con La MTU”

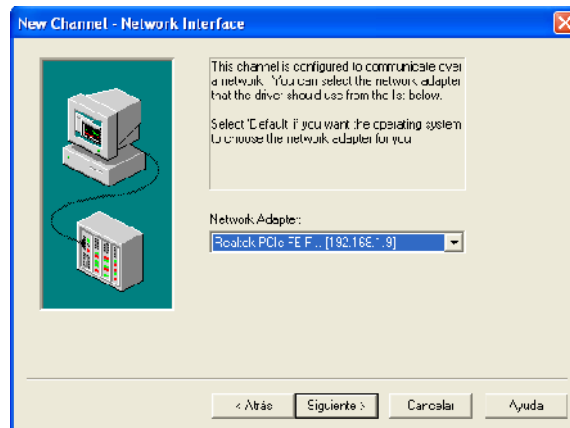


Figura 3-48 Selección Del Adaptador Del Canal

Como todo servidor OPC, asegurar que los datos escritos desde la aplicación cliente OPC lleguen al dispositivo en el momento oportuno es el objetivo del servidor. Teniendo en cuenta este objetivo, el servidor proporciona una serie de ajustes de optimización que se pueden utilizar para mejorar la respuesta de la aplicación

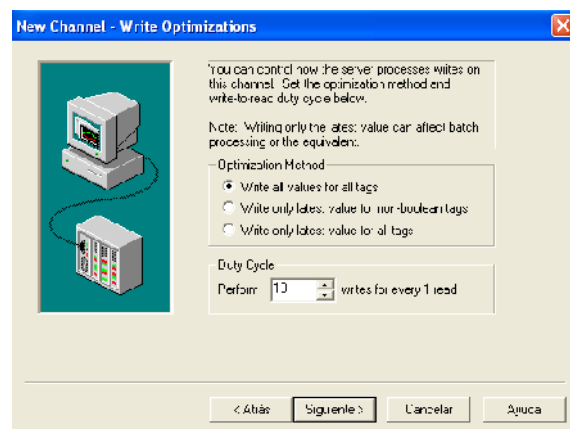


Figura 3-49 Optimizaciones De Escritura Del Canal

Al final el asistente de configuración del canal, se resume las configuraciones en una ventana que permitirá revisar de manera general si los parámetros ingresados están acorde a las necesidades requeridas.

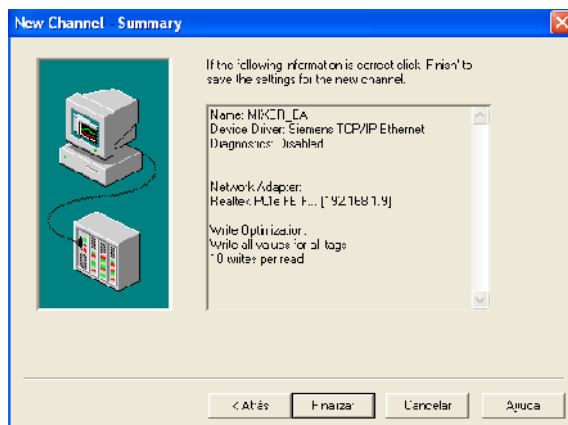


Figura 3-50 Sumario de configuración del canal

3.4.2.2 Configuración del Dispositivo

Creado el canal, entonces a este debe agregarse un dispositivo que será en si el PLC que se utilizará en el proyecto.

Así en la pestaña “*new device*”, con un clic se inicia el asistente de configuración del dispositivo. El dispositivo tendrá un nombre que lo identificará, en este caso el nombre es “PLC_A”.

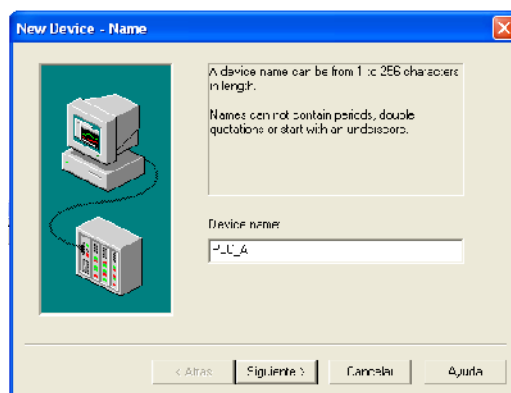


Figura 3-51 Asignación del nombre del dispositivo

Se le asigna el modelo del PLC, en este caso se desplegarán los dispositivos que puedan añadirse al canal creado “Siemens TCP/IP”, por lógica serán dispositivos compatibles y entre ellos está el S7-200, que es seleccionado en esta ventana.

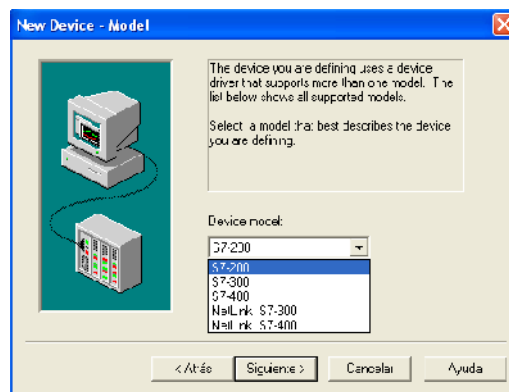


Figura 3-52 Selección del modelo del PLC

Es así como ya seleccionado el modelo y sabiendo el protocolo de comunicación, debe ingresarse la identificación del dispositivo en el mismo, en este caso la dirección IP configurada en el PLC (Modulo CP243-1).

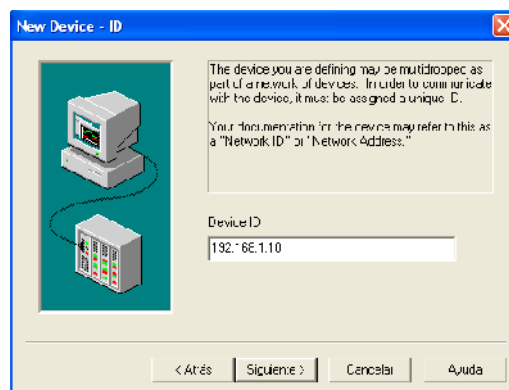


Figura 3-53 Asignación de dirección IP en el Servidor OPC

Para las configuraciones de tiempos “*timing*” debe ingresarse valores coherentemente dependiendo la red que se haya construido, los tiempos de espera serán los valores que nos crea el asistente, debido a la simplicidad que presenta esta conexión.

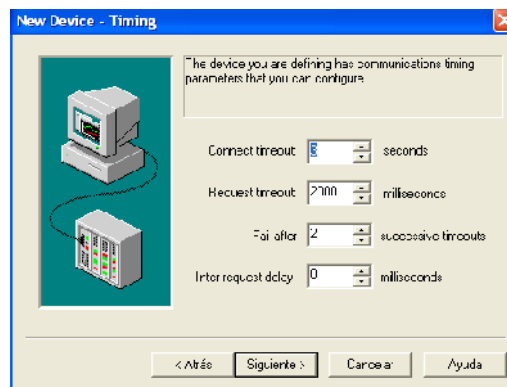


Figura 3-54 Configuración de tiempos de conexión

Tal y como existen tiempos para la conexión, se puede configurar tiempos para cuando el dispositivo presente errores y no responda, así pasado el número de intentos de reconexión este optimiza comunicaciones con otros dispositivos pasando a “off-scan” (poniéndolo fuera de exploración).

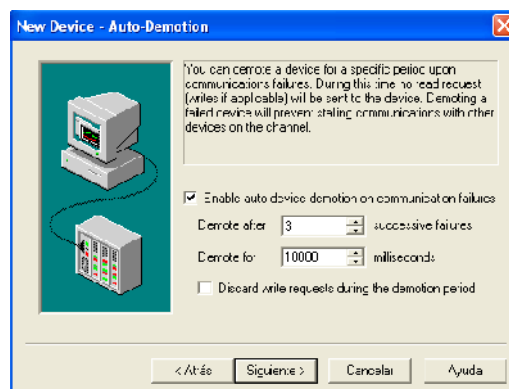


Figura 3-55 Configuración del Auto - Demotion

Otro seteo importante es el puerto TCP/IP, y que en este caso el asistente genera automáticamente el valor de 102 debido a que en la configuración el equipo es Siemens y hay que aclarar que Siemens S7 protocolo utiliza el puerto TCP 102.

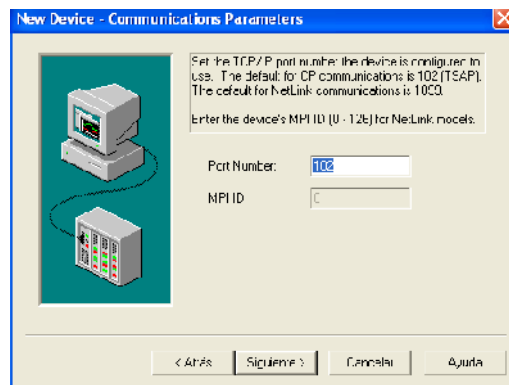


Figura 3-56 Configuración del puerto TCP/IP

Ahora también se debe definir la dirección hexadecimal de Local TSAP, el valor predeterminado es 4d57, que en este caso nos da el valor por defecto. Como se puede notar los valores que nos da el asistente se deben a que la selección de tipo de comunicación Ethernet ISO TCP para CP243 en el canal ya facilita añadir dispositivos de esta gama y bajo esos parámetros.

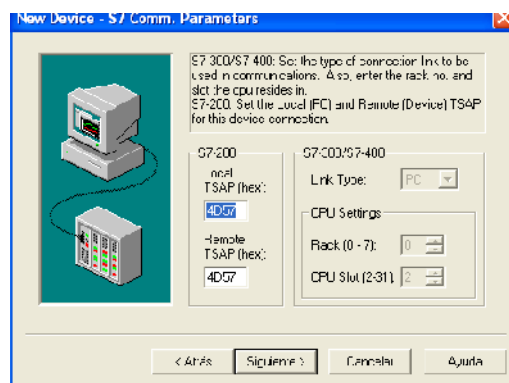


Figura 3-57 Parámetros TSAP Del Módulo Ethernet

Y tras finalizar el asistente se verifica los datos asignados con anterioridad y estará configurado el servidor para que el dispositivo sea un PLC Siemens S7-200, y la comunicación con el servidor OPC sea por protocolo Industrial Ethernet, que en el caso de este servidor OPC de National Instruments, esta como Siemens TCP/IP Ethernet.

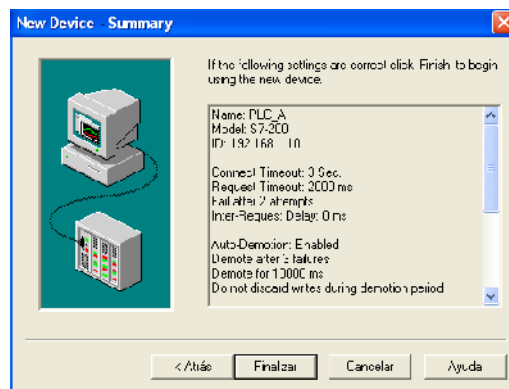


Figura 3-58 Sumario de configuraciones

3.5 INTEGRACIÓN DE VARIABLES VÍA NI OPC SERVER

Los Ítems OPC representan a las variables propias del PLC, para lo cual debe asignarse a cada variable del PLC un ítem OPC correspondiente sea esta una variable física (Entrada o salida) o también si es una variable lógica abstracta (marcas, variables Word).

La finalidad es que los datos que se requieran controlar y monitorear desde el HMI sean “creados” en el servidor OPC para poder acceder a ellos.

En el dispositivo creado en el NI OPC Servers, de nombre PLC_A, debe añadirse un grupo de ítems OPC. En “New Tag Group” y darle un nombre.

Esto permite clasificar ítems OPC de manera ordenada y por etapas para facilitar su ubicación y configuración en bloque, en este caso será el bloque que contendrá los Ítems OPC de la etapa de la balanza.

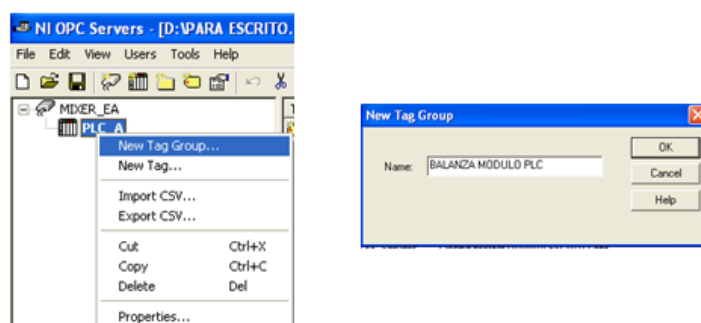


Figura 3-59 Creación Del Nuevo Grupo De Ítems OPC

Similar es la forma de añadir un ítem al grupo OPC, pero como el grupo ya está añadido entonces es ahí donde se creará el ítem individual y no directamente en el dispositivo esto permitirá organizarlos ordenadamente, con la diferencia esta vez esta vez se selecciona la opción “New Tag”, la cual creará de uno en uno los Ítems OPC, que formarán el grupo de ítems OPC.

Ahí es donde debe ingresar la variable que va a ser vinculada entre el Ítem OPC y el PLC. El nombre del ítem OPC que por facilidad debe tener la misma nomenclatura de la asignación de variables (ver ítem 2.3.3” Asignación de Entradas y Salidas”). La dirección que tiene la variable en el PLC, acorde a la nomenclatura del dispositivo.

Puede dársele una descripción que facilitará al momento de relacionarlas con las variables asignadas. El tipo de variable que corresponda a la variable, en este caso la variable “I0.0”, es de tipo Booleana, también puede verificarse con el botón de revisión (visto verde), la cual le asignará el tipo de variable que sea conveniente o la más adecuada según su direccionamiento.

Formato	Rango de enteros sin signo		Rango de enteros con signo
	Decimal:	Hexadecimal:	Decimal
B (byte)	0 a 255	0 a FF	-128 a +127
W (palabra)	0 a 65535	0 a FFFF	-32768 a +32767
D (palabra doble)	0 a 4294967295	0 a FFFF FFFF	-2147483648 a +2147483647
Formato	Decimal real (+)	Decimal real (-)	
D (palabra doble)	+1,175495E38 a +3,402823E+38	1,175495E38 a - 3,402823E+38	

Tabla 3-2 Rango Numéricos De Las Variables En MicroWin

El acceso a la lectura y escritura de la variable desde el Ítem OPC, en este caso como es una entrada física solo necesita lectura (“*read only*”), no así en las variable que necesiten ser modificadas desde la interfaz gráfica, como en la edición de parámetros de tiempo, peso o temperatura, allí será necesario elegir “*Read/Write*”.

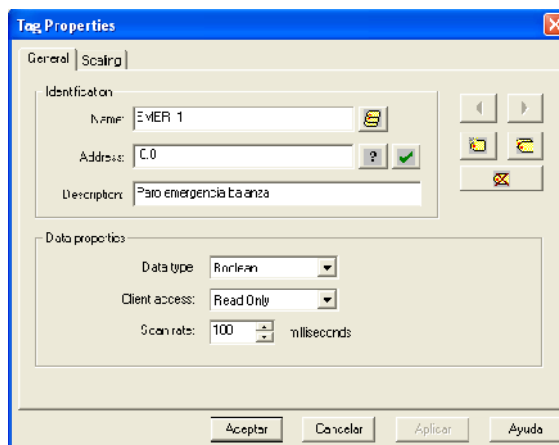


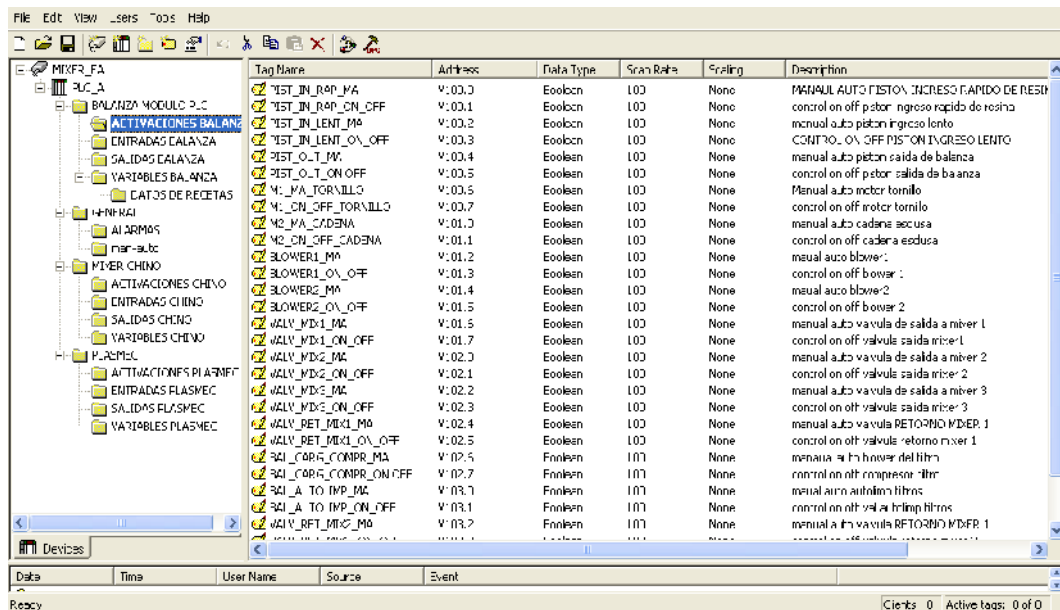
Figura 3-60 Propiedades de un ítem OPC

El *Scan rate* (velocidad de lectura), se utiliza para especificar el intervalo de actualización de cada Ítem OPC, depende de la velocidad y demanda del bus de comunicaciones así que cuando no es elevada la cantidad basta con los “100” ms que nos da por defecto.

De ser necesario y acorde el tipo de variable podemos cambiarla hasta un mínimo de 10ms cuando el proceso amerite.

Lastimosamente cada ítem debe ser declarado uno a uno, con la opción de copiar y editar posteriormente cada uno de ellos.

Cuando se haya terminado puede agruparse acorde a las necesidades e ir agregando para las etapas Balanza, Plasmec, Chino.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
MANUAL AUTO PISTON INGRESO RAPIDO DE RESINA	V:03.0	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO PISTON INGRESO RAPIDO DE RESINA
control on off piston ingreso rapido de resina	V:03.1	Boolcon	100	None	control on off piston ingreso rapido de resina
MANUAL AUTO PISTON INGRESO LENTO	V:03.2	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO PISTON INGRESO LENTO
control on off piston ingreso lento	V:03.3	Boolcon	100	None	control on off piston ingreso lento
MANUAL AUTO PISTON SALIDA DE BALANZA	V:03.4	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO PISTON SALIDA DE BALANZA
control on off piston salida de balanza	V:03.5	Boolcon	100	None	control on off piston salida de balanza
MANUAL AUTO MOTOR TORNILLO	V:03.6	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO MOTOR TORNILLO
control on off motor tornillo	V:03.7	Boolcon	100	None	control on off motor tornillo
MANUAL AUTO CADENA	V:01.0	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO CADENA
control on off cadena	V:01.1	Boolcon	100	None	control on off cadena
MANUAL AUTO CADENA ESCUSA	V:01.2	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO CADENA ESCUSA
control on off cadena escusa	V:01.3	Boolcon	100	None	control on off cadena escusa
MANUAL AUTO BLOWER 1	V:01.4	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO BLOWER 1
control on off blower 1	V:01.5	Boolcon	100	None	control on off blower 1
MANUAL AUTO BLOWER 2	V:01.6	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO BLOWER 2
control on off blower 2	V:01.7	Boolcon	100	None	control on off blower 2
MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 1	V:02.0	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 1
control on off valvula salida a mixer 1	V:02.1	Boolcon	100	None	control on off valvula salida a mixer 1
MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 2	V:02.2	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 2
control on off valvula salida a mixer 2	V:02.3	Boolcon	100	None	control on off valvula salida a mixer 2
MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 3	V:02.4	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO VALVULA SALIDA A MIXER 3
control on off valvula salida a mixer 3	V:02.5	Boolcon	100	None	control on off valvula salida a mixer 3
MANUAL AUTO VALVULA RETORNO MIXER 1	V:02.6	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO VALVULA RETORNO MIXER 1
control on off valvula retorno mixer 1	V:02.7	Boolcon	100	None	control on off valvula retorno mixer 1
MANUAL AUTO COMPRESOR 1	V:02.8	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO COMPRESOR 1
control on off compresor 1	V:02.9	Boolcon	100	None	control on off compresor 1
MANUAL AUTO AUTOMATICO FILTRO	V:03.0	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO AUTOMATICO FILTRO
control on off automatico filtro	V:03.1	Boolcon	100	None	control on off automatico filtro
MANUAL AUTO VALVULA FILTRO FILTRO 1	V:03.2	Boolcon	100	None	MANUAL AUTO VALVULA FILTRO FILTRO 1
control on off valvula filtro filtro 1	V:03.3	Boolcon	100	None	control on off valvula filtro filtro 1

Figura 3-61 Variables Creadas En El Servidor OPC

3.6 CREACIÓN DE LA APLICACIÓN

Una vez finalizada la aplicación y terminadas las pruebas de funcionamiento, es necesario crear la aplicación (con extensión .exe), que permitirá se ejecute el sistema como cualquier otra utilidad conocida. Siempre y cuando esté instalado el LabVIEW Runtime.

Para el caso de la aplicación MIXER.exe, se realiza desde el navegador del proyecto en el *Build Specifications*.

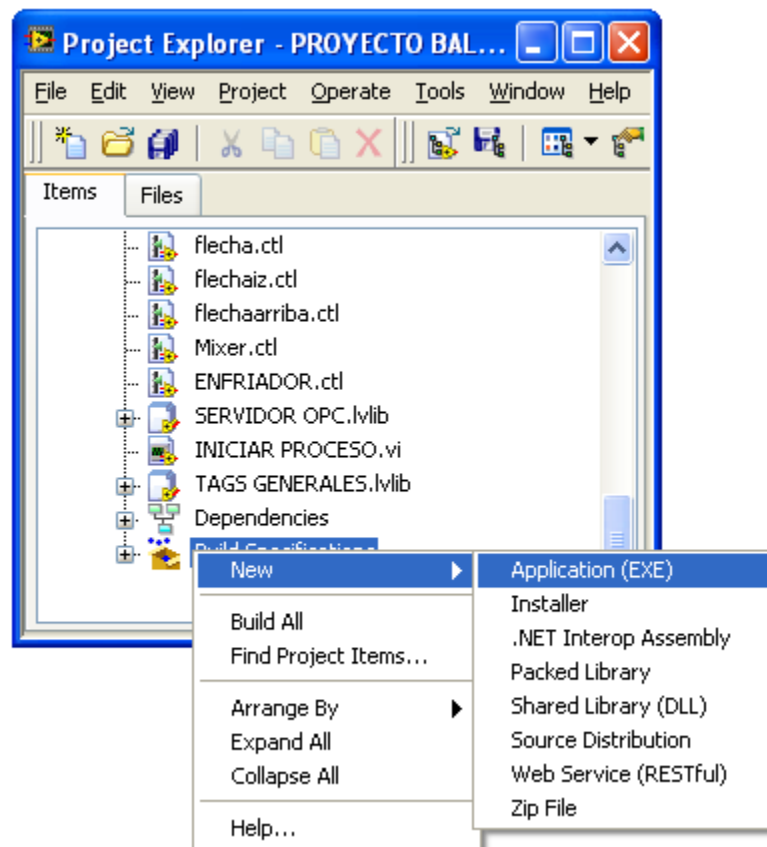


Figura 3-62 Ventana de Creación de la aplicación

A la aplicación se le puede dar diferentes atributos como el nombre, autor, versiones, icono, entre otros. Entre la principal configuración esta establecer cuál será el VI de ingreso al sistema, que será el que primero se ejecute para que no se torne una aplicación extensa pues de allí en adelante se ejecutará los llamados en cadena.

Debido que el SubVI de recepción de datos de la balanza está presente en todo el proceso debe incluirse en la aplicación, para que la configuración y ejecución de la recepción serial quede vinculada directamente en la aplicación MIXER.exe

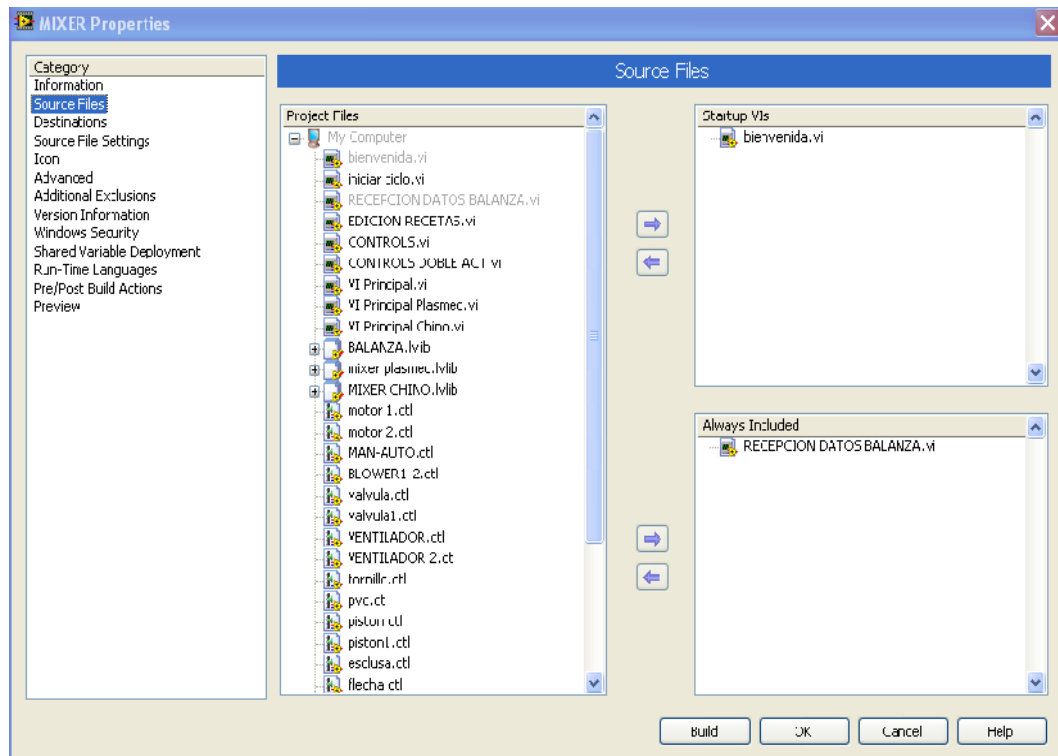


Figura 3-63 Propiedades Del Ejecutable

Entonces puede crearse la aplicación (*Build*).

Una vez creada la aplicación esta se puede ejecutar como cualquier aplicación del entorno Windows.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS OBTENIDOS Y VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En este capítulo se presentan los resultados de la implementación, tanto en el aspecto tecnológico mediante las pruebas de comunicación y la puesta en marcha del Sistema de Pesaje Y Mezcla de Materia Prima, así como la verificación de la hipótesis planteada previo al diseño e implementación del mismo.

Además se verifican las mejoras obtenida directamente en la productividad y las ventajas prestadas en relación a un análisis estadístico previo a la implementación.

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las pruebas parciales y arranque del sistema son pasos que deben cumplirse de manera estratégica y secuencial, desde el mismo diseño de los tableros de control, programación del PLC, comunicaciones, interfaz HMI, hasta las pruebas de funcionamiento parciales y pruebas de funcionamiento globales.

El diseño es uno de los pasos más importantes para que la implementación sea acorde a lo planeado y se cumplan los tiempos de desarrollo del proyecto, el mismo que mantendrá algunos componentes eléctricos vigentes en el nuevo sistema, es así que el tablero de control principal esta enlazado eléctricamente con los antiguos tableros de control, y estos ya readecuados forman parte del sistema de fuerza global.

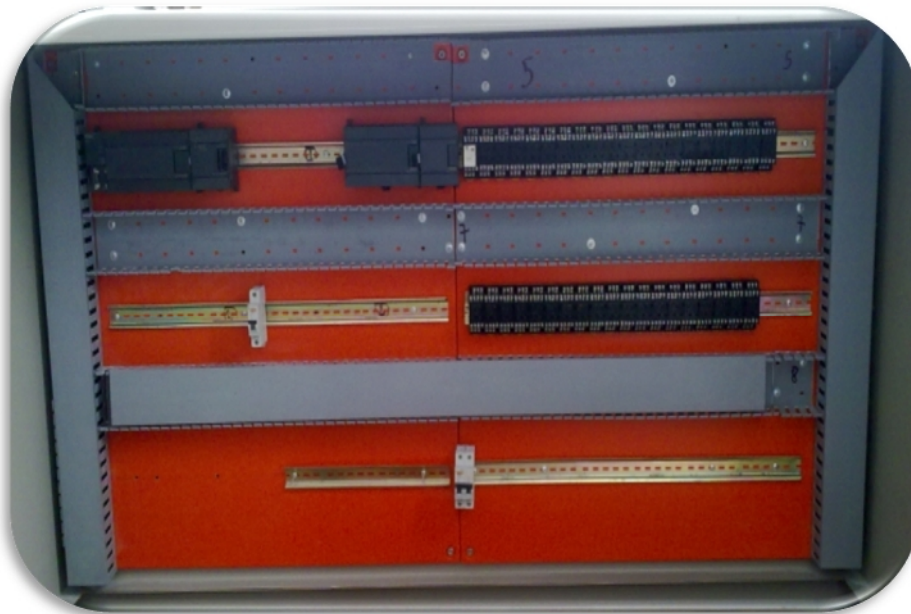


Figura 4-1 Tablero De Control Principal Previo A La Implementación

Paralelamente al diseño de la interfaz está incluida la construcción de un tablero de control de rápida conexión hacia cada una de las tres etapas de las que consta el sistema de Pesaje y Mezcla.

Es así como el primer paso para iniciar las pruebas en general es tener realizado el esquema de conexiones acorde a las asignaciones y de esta forma poder simular una por una las entradas y salidas mediante una interfaz provisional y el tablero de control modular distribuido en tres etapas para que de igual forma se realice el montaje y conexión.



Figura 4-2 Tablero De Control Principal Implementado

Para que el resultado final sea óptimo y de alta confiabilidad se desarrollan pruebas paso a paso donde además de brindar seguridad operativa, permiten trabajar paralelamente al proceso e implementar el sistema de manera que no exista tiempos de parada extensos, sin afectar la productividad de la empresa. Entonces con el tablero de control listo se da inicio a las pruebas individuales y pruebas de comunicación. Si todas las pruebas han sido exitosas finalmente se inicia la puesta en marcha del Sistema De Pesaje Y Mezcla De Materia Prima.

4.1.1 PRUEBAS INDIVIDUALES

Una vez terminado el desarrollo del sistema de control (tablero principal de control y programación del PLC) y con los dispositivos físicos a punto, puede iniciarse las pruebas individuales para cada etapa del proceso.

4.1.2 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.

Las pruebas de comunicación son determinantes al momento de desarrollar un sistema HMI, para lo cual se verificara que la MTU, reciba los datos de todos los dispositivos que estén vinculados por algún protocolo hacia la unidad maestra.

En este caso existen dos pruebas fundamentales que deben realizarse tanto para la comunicación serial RS 232 que mantiene la balanza hacia el computador transmitiendo el dato real de la balanza en tiempo real, como el enlace Ethernet hacia el servidor OPC y la lectura de cada uno de los ítems OPC de lectura y escritura hacia las variables propias del PLC.

4.1.2.1 RECEPCIÓN DEL DATO DE PESO

La transmisión del dato de peso desde la balanza GSE -250, hacia el MTU, es por protocolo serial, con la interfaz ya diseñada y estructurada la extracción del dato exacto en formato numérico.

Para que el dato sea receptado en el HMI, debe mantener la conexión como se indica en el esquema de conexión del puerto serial tanto en el computador como en el concentrador GSE - 250. Ver anexo “PLANOS”



Figura 4-3 Concentrador GSE – 250 En Tablero De Fuerza Balanza

Si el enlace físico está listo inicia la prueba mediante el mismo VI de recepción serial que utiliza el sistema HMI, donde puede verificarse que el dato llega correctamente hacia el computador y en formato entero.

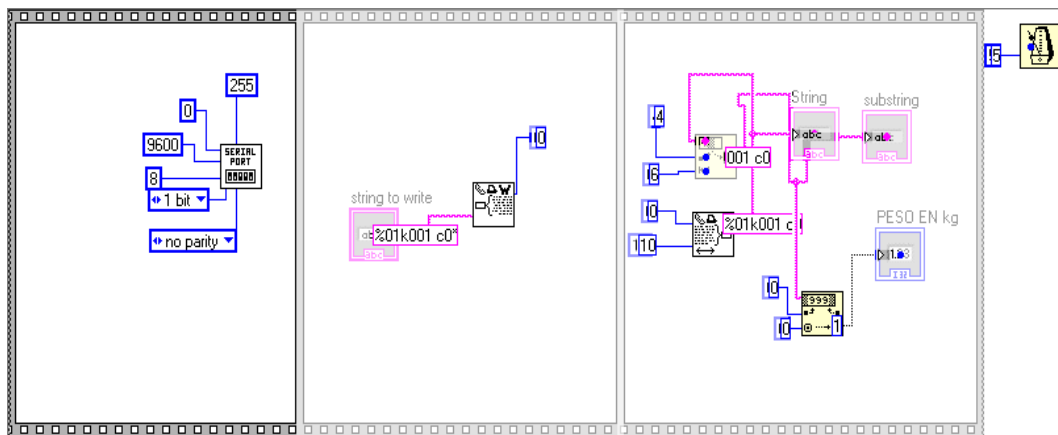


Figura 4-4 Recepción Del Dato Serial Del Concentrador GSE

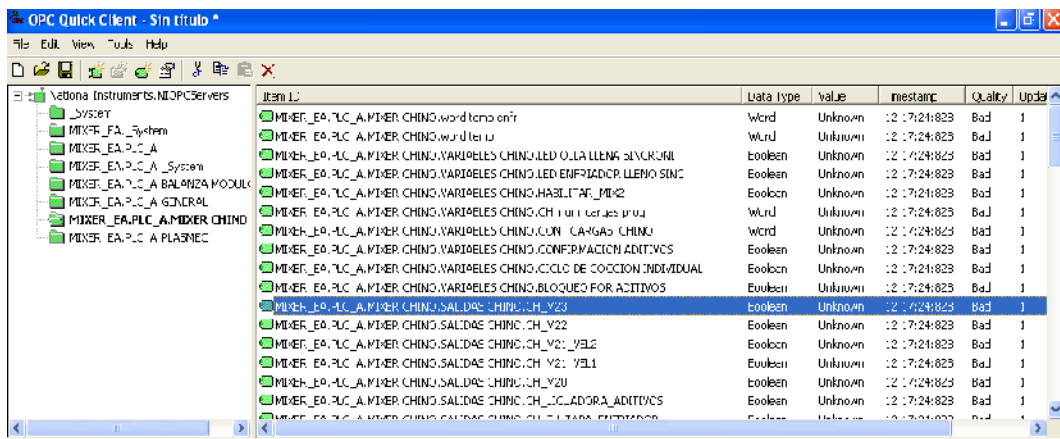
El dato que recibe la CPU es 1(en kg), debido que recibe la parte entera únicamente, y coincide con el dato que me da el GSE – 250. Si el dato es visualizado quiere decir que con vincular la variable a un ítem OPC, esta llegara al PLC y la comunicación serial está correctamente ejecutada.

4.1.2.2 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN VÍA OPC

La mayoría de variables que se comparten entre el sistema HMI y el PLC se transmiten mediante protocolo Ethernet y el enlace de variables vía OPC.

Es decir que con la interfaz creada, y las variables vinculadas desde LabVIEW hacia el OPC Server puede verificarse los datos de lectura y escritura ya en la interfaz.

Las variables que van a ser monitoreadas y las variables de control desde la interfaz HMI hacia el PLC, deben tener una lectura previa en el OPC SERVERS, entonces existe una utilidad que permite revisar el estado de la comunicación como el valor de las variables.



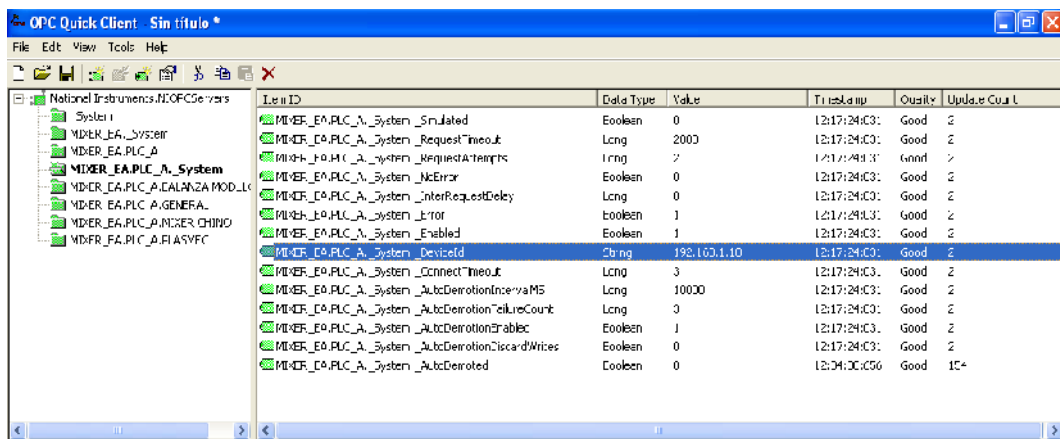
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.ward tempo onir	Wcrd	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.ward lei u	Wcrd	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.UEO LA LLENK. SIN.UMI	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.LED ENFRIADOR. LLENO SIN	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.HABE LITAF. MIX2	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.CH run teras prou	Wcrd	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.CON. CA. GAS. CHING	Wcrd	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.CONFIRMACION ADITIVOS	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.CICLO DE COCCION INDIVIDUAL	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.VARIABLES CHING.BLOQUES FOR ACTIVOS	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y23	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y22	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y21_Y22	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y21_Y21	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y20	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_ADORADORA ADITIVOS	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1
MIXER_EA_PLC_A.MIXER.CHINO.SALDAE CHING.CH_Y21_Y21_Y21	Boolean	Unknown	12:17:24:823	Bad	1

Figura 4-5 Visualización Del Estado De Las Variables

El OPC Quick Client de National Instruments permite visualizar tanto el estado del enlace establecido (en este caso Ethernet), como el valor de los diferentes tipos de variables. Inclusive con la opción de escribir un valor determinado dependiendo el tipo de variable y lógicamente si esta fue configurada como lectura y escritura.

Si no existe enlace las variables el valor será desconocido (Unknown) y la calidad del enlace será malo (bad), generalmente esto sucede si el PLC no tiene conexión Ethernet con la MTU.

Si la conexión es correcta entonces en valor saldrá el valor que tenga la variable y en calidad buena (Good).



Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
MIXER_EA_PLC_A_System_Simulated	Boolean	0	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_RequestTimeout	Long	2000	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_RequestAttempts	Long	2	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_NoError	Boolean	0	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_InterRequestDelay	Long	0	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_IsTOr	Boolean	1	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_Enabled	Boolean	1	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_DeviceId	String	192.168.1.10	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_ConnectTimeout	Long	3	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_AutoDetectionIntervalMS	Long	10000	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_AutoDetectionFailureCount	Long	3	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_AutoDetectionEnabled	Boolean	1	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_AutoDetectionDiscardWrites	Boolean	0	12:17:24:03	Good	2
MIXER_EA_PLC_A_System_AutoDetected	Boolean	0	12:17:24:03	Good	12

Figura 4-6 OPC Quick Client y Variables Enlazadas

Si el enlace es bueno permite que las variables vinculadas a un ítem OPC y previamente incluidas en determinado VI, se visualicen en la interfaz gráfica que debe estar ejecutándose.

Si la variable se visualiza correctamente quiere decir que el dato se ha transmitido correctamente, así deberá realizarse de manera individual para cada ítem OPC, previo a la puesta en marcha definitiva, a manera de comprobar que no exista error alguno. Uno de los datos más importantes que debe revisarse es el dato que previamente fue transmitido vía serial hacia la MTU, pues este llegará al PLC mediante OPC.

4.1.3 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

La fase final del proyecto es la implementación del sistema, donde se ve involucrada la habilitación del sistema HMI, la instalación del nuevo tablero de control principal que será comandado por el PLC S7 200 implementado y las modificaciones respectivas en los tableros de fuerza reutilizados para continuar operativos.

Para la implementación final es indispensable la parada del proceso, es decir que este deje de operar pero no completamente sino etapa por etapa iniciando por el Mezclador Plasmec, la Balanza y finalmente el Mezclador Chino.

Terminadas todas las pruebas de funcionamiento parcial e individual se puede dar inicio a la implementación. Los esquemas utilizados para la implementación se adjuntan. Ver anexo “PLANOS”



Figura 4-7 Tablero de fuerza del mixer chino Implementado

Los tableros de fuerza con las mejoras tecnológicas ya instaladas y con la facilidad de interconexión modular entre tableros facilitan que la implementación sea más rápida debido que el control general se realiza desde el nuevo tablero de control instalado y que posee el PLC Siemens S7 200.

Entonces se conectan la CPU del HMI, y el PLC, que en este caso ya está totalmente integrado al sistema de manera física.



Figura 4-8 Conexión Ethernet entre el PLC y la MTU

Una vez instaladas físicamente y sabiendo que ya se realizaron pruebas previas de comunicación, de control individual, puede iniciarse el control desde el HMI, que estará ubicado en un lugar estratégico y centralizado para la supervisión y monitores de cada una de las etapas.



Figura 4-9 Tablero HMI principal

La CPU principal, con la aplicación concluida y con las conexiones necesarias listas de comunicaciones (balanza y PLC), puede iniciar el sistema MIXERS.

Una vez abierta la aplicación se despliegan las pantallas una a una en el orden que fueron descritas. Los reportes de producción generados pueden verse en la ubicación configurada por el usuario, éste será el único dato que el usuario recibe diariamente y por turnos.



REPORTE DE PRODUCCION MEZCLADORES TIGRE ECUADOR S.A.

Fecha:	30/01/2012
Turno:	1
Hora:	19:00

	PESO RESINA KG
Balanza	7500

Mezclador 1	TIPO DE MEZCLA	CARGAS	Peso TOT KG
	Presion	15	2250
	Desague	5	750
	Ventilacion	0	0
	Ducto	0	0
	Paradera	0	0
Mezclador 2	TIPO DE MEZCLA	CARGAS	Peso TOT KG
	Presion	20	4500
	Desague	0	0
	Ventilacion	0	0
	Ducto	0	0

Figura 4-10 Formato Del Reporte De Producción

De esta manera finaliza la implementación y puesta en marcha una vez verificada la parte operativa y funcionalidad, debe hacerse una evaluación de los alcances obtenidos en el planeamiento del proyecto.

4.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Posterior al “Diseño E Implementación De La Automatización Y Monitoreo Del

Sistema De Pesaje Y Mezcla De Materia Prima Para La Fabricación De Tubería PVC En La Fabrica Tigre S.A.” el análisis estadístico de los datos tomados en los meses subsiguientes muestra mejoras importantes en beneficio de la fábrica Tigre S.A. .

Debido a que el sistema de mezcla y pesaje es de vital importancia para el funcionamiento de la fábrica Tigre S.A. la implementación del sistema se realizó en dos etapas. La instalación de la primera etapa del proyecto que abarcaba el 70% del mismo inició el 1 de septiembre del 2011 y empezó a funcionar el 12 de septiembre del 2011. La instalación de la etapa final del proyecto inició el 1 de noviembre del 2011 y empezó a funcionar el 18 de noviembre del 2011.

Los datos que se mostrarán a continuación muestran mejoras técnicas, productivas y económicas después de la implementación de la primera etapa del sistema.

4.2.1 MEJORAS TÉCNICAS

El cambio de sistemas de control puramente electromecánicos por sistemas de control basados en Controladores Lógicos Programables (PLC) e Interfaces Humano Maquina (HMI) garantiza un esquema electromecánico simplificado, esto quiere decir que la detección de fallas en todo el sistema es mucho más rápida e intuitiva. Por esta misma razón la confiabilidad del funcionamiento continuo del sistema incrementa.

Un sistema automático trae consigo grandes ventajas como el cumplimiento con mayor precisión de tareas repetitivas en este caso el sistema de mezcla y pesaje cumple de forma automática la tarea mencionada dando mayor eficiencia y eficacia al proceso.

La aplicación desarrollada en LabVIEW (HMI) para el proceso de mezcla y pesaje es amigable con el usuario dando de esta manera una interfaz de operación que permite:

- Acceso a reportes de producción
- Control Automático del proceso

- Detección de fallas
- Edición y manejo de recetas
- Control Manual de cada uno de los dispositivos involucrados en el proceso.
- Monitoreo en tiempo real del proceso

En el proceso actualmente descrito es de gran importancia mencionar la precisión del sistema de pesaje ya que el proyecto en sí reduce el error porcentual de la etapa de dosificación. Antes de la implementación del sistema de pesaje y mezcla el error porcentual era muy variable llegando a valores de hasta 9,44%. Actualmente el sistema tiene un margen de error de 1,11% mostrando así una notable mejora técnica.

4.2.2 MEJORAS DE PRODUCCIÓN

El sistema de mezcla y pesaje garantiza el proceso de preparación de la materia prima para la fabricación de tubería PVC de acuerdo con la receta o formulación establecida (ver “Tabla 2-1”). Por esta razón la materia prima obtenida como resultado del proceso es de alta calidad lo que se puede apreciar en la disminución del indicador productivo llamado “sobrepeso” que es controlado mes a mes por la fábrica TIGRE S.A. Ver ítem 4.2.3 “Análisis Estadístico”.

El indicador productivo sobrepeso mide la relación de la diferencia entre el peso estandarizado del tubo y el peso real del mismo. El peso real del tubo incrementa debido a la baja calidad de la materia prima ya que esto ocasiona que el tubo no tenga la suficiente resistencia mecánica y por lo tanto se lo tiene que fabricar con un mayor espesor.

$$S = \frac{100 (Pr - Pe)}{Pe}$$

Dónde:

S; sobreso(%)

Pr; peso real del tubo (Kg)

Pe; peso estandarizado del tubo (Kg)

El valor obtenido de sobrepeso sirve para calcular las pérdidas mensuales de producción. Es decir que si este indicador disminuye las pérdidas de producción también.

Como se mencionó anteriormente este indicador disminuyó después de la implementación del sistema de mezcla y pesaje por lo tanto las pérdidas económicas también, verificando de esta manera la hipótesis planteada.

4.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico presentado a continuación detalla los efectos generados por el sistema de mezcla y pesaje. Cabe recalcar que la mayor parte del proyecto fue implementado en el mes de septiembre por esta razón los indicadores muestran variaciones a partir del mes de octubre.

MESES	Sobrepeso (%)	Producción Mensual (Kg)
Abril	10,51	560903
Mayo	10,99	602135
Junio	10,47	435779
Julio	10,55	570663
Agosto	9,69	606771
Septiembre	9,59	551381
Octubre	6,31	442889
Noviembre	6,79	298205
Diciembre	6,43	422456

Tabla 4-1 Sobrepeso año 2011

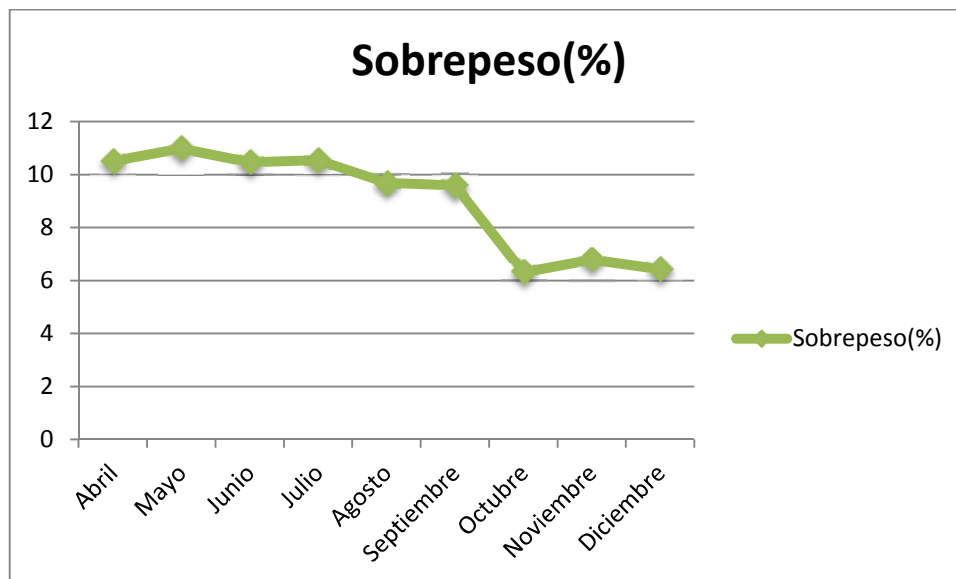


Ilustración 4-1 Análisis Gráfico Del Sobrepeso

Como se puede apreciar en el grafico existe una variación de 3,28% en el indicador Sobrepeso a partir del mes de octubre esto es un ahorro productivo y económico.

El ahorro económico generado por el “Diseño E Implementación De La Automatización Y Monitoreo Del Sistema De Pesaje Y Mezcla De Materia Prima Para La Fabricación De Tubería PVC En La Fabrica Tigre S.A.” será calculado por la siguiente fórmula que evalúa la relación antes y después de la implementación del sistema de mezcla y pesaje .

$$Ahorro = \frac{XYZ(A - B)}{100}$$

Dónde:

A; error sin balanza (%)

B; error con balanza (%)

X; costo materia prima $\left(\frac{\$}{Kg}\right)$

Y; cargas promedio (Kg)

Z; promedio de pesadas mensuales

Cálculo del error porcentual con y sin balanza

En base a un método experimental por mediciones antes de la implementación del sistema de mezcla y pesaje se pudo determinar que en una carga de 225Kg existía un excedente de 20Kg mientras que en una carga de 150Kg existía un excedente de 15Kg.

$$A_1 = \frac{100 \text{ } 20 \text{ Kg}}{225 \text{ Kg}}$$

$$A_1 = 8,889 \%$$

$$A_2 = \frac{100 \text{ } 15 \text{ Kg}}{150 \text{ Kg}}$$

$$A_2 = 10 \%$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A = \frac{8,889\% + 10\%}{2}$$

$$A = 9,44 \%$$

Después de la implementación del sistema de mezcla y pesaje se pudo apreciar que el tiempo de la acción de la válvula al cerrarse generaba un excedente de 2Kg en cualquier carga.

$$B_1 = \frac{100 \text{ } 2 \text{ Kg}}{225 \text{ Kg}}$$

$$B_1 = 0,889 \%$$

$$B_2 = \frac{100 \text{ } 2 \text{ Kg}}{150 \text{ Kg}}$$

$$B_2 = 1,33 \%$$

$$B = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

$$B = \frac{0,889\% + 1,33\%}{2}$$

$$B = 1,11 \%$$

Cálculo de cargas promedio y número de pesadas mensuales

Los siguientes cálculos se realizarán en base a la tabla construida con los datos estadísticos de la fábrica Tigre S.A. Ver anexo “DATOS SOBREPESO”

Número de pesadas mensuales

Días	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
1	102	0	44	57
2	90	70	30	67
3	69	75	20	47
4	46	86	33	0
5	19	32	39	0
6	78	66	40	0
7	86	96	20	0
8	69	51	40	0
9	49	38	47	44
10	73	39	46	40
11	124	72	27	40
12	101	88	47	50
13	121	75	63	47
14	104	61	61	54
15	88	78	39	31
16	89	56	55	39
17	57	56	76	59
18	96	70	78	58
19	73	89	84	55
20	100	40	79	35
21	91	57	85	40
22	70	47	35	64
23	82	58	83	59
24	77	66	62	11
25	97	50	49	78
26	94	73	20	68

27	81	80	40	74
28	85	52	58	63
29	64	82	50	64
30	8	0	53	0

Tabla 4-2 Cargas Mensuales Ultimo Trimestre 2011

Totales	2281	1803	1459	1187
----------------	-------------	-------------	-------------	-------------

$$Z = \frac{2281 + 1803 + 1459 + 1187}{4}$$

$$Z = 1682,5$$

Carga promedio (Kg)

Día	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
1	22136,4	0	9881,1	11922,5
2	19923,3	13065	13240,85	14127,4
3	15824,6	14943,6	7595	9717,6
4	10002,4	18873,2	8820	0
5	4655	6427,2	8820	0
6	16822,4	14483,2	7595	0
7	18292,2	21798,15	12985	0
8	13963,8	12495	15190	0
9	10371	9310	16415	7512
10	16087,6	9555	14210	6532
11	26621,8	14083,2	15190	6532
12	21068,5	16360,55	13230	10779,4
13	25968,5	15400,8	12004,7	10698
14	22457,1	14238,6	12086,4	11474,7
15	18537,1	17917,95	10779,6	6888,6
16	18782,1	11317,7	9636,4	8451,25
17	12331	11432,4	15270,5	13086,35
18	19843,5	13882	12167,5	12973,8

19	15842,5	19376,3	15352,1	12327,1
20	21803,9	8652,1	14045,8	8575
21	17883,2	12748,6	15270,6	7430,7
22	14535,6	10543,7	7594,5	13147,3
23	17639	12642,45	16168,8	11922,3
24	16168,9	14138,65	12902,6	2123,1
25	20251,9	11351,3	14372,8	16413,9
26	20088,8	15188,9	4410	14765,65
27	16413,6	16332	9146,2	15789,6
28	18374	10953,75	12249,4	12984
29	13719,2	16535,25	14209	13065,6
30	1714,9		14127,9	

Tabla 4-3 Promedio de Cargas en kg

Totales	508123,8	384046,55	364966,75	259239,85
---------	----------	-----------	-----------	-----------

Tabla 4-4 Pesos Mensuales Ultimo Trimestre 2011

Se procede a dividir los totales obtenidos de la Tabla 4-4 para cada una de las cantidades de pesaje promedio de la Tabla 4-2 y se obtiene el siguiente resultado.

Total promedio	213,228	213,004	242,826	208,392
(Kg)				

Tabla 4-5 Promedio De Pesos

$$Y = \frac{213,228 + 213,004 + 242,826 + 208,392}{4}$$

$$Y = 219,4 \text{ Kg}$$

Aplicando finalmente la fórmula del ahorro se obtiene el siguiente resultado en beneficio de la fábrica Tigre S.A.

$$\text{Ahorro} = \frac{XYZ(A - B)}{100}$$

$$Ahorro = \frac{1 \frac{\$}{Kg} \cdot 219,4Kg \cdot 1682,5 (9,44\% - 1,11\%)}{100}$$

$$Ahorro = 30767,7\$$$

El ahorro anual asciende a un valor de 30767,7 \$ que será tomado como referencia para el análisis técnico económico.

CAPITULO V

5. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se analiza los beneficios del proyecto, tomando en cuentas los costos de inversión, y demás mejoras que se pueden destacar tras la implementación tanto en la parte técnica como económica y finalmente el impacto ambiental.

5.1 COSTO DEL PROYECTO

Posterior al diseño total del proyecto y preselección de dispositivos se realizó la adquisición de los siguientes materiales:

Presupuesto Automatización Y HMI Para Los Mixer (Plasmec Y Chino).

EM223 16DI 24VDC/16DO 24VDC	2	380 \$	760 \$
EM231 Módulo De 4 Entradas Termocupla	1	320 \$	320 \$
Módulo Ethernet CP 243-1 EX00	1	780 \$	780 \$
TABLERO , Armario Para Todo El Sistema	1	750 \$	750 \$
PLC Siemens S7-200	1	855 \$	855 \$
Concentrador Balanza GSE 250	1	500 \$	500 \$
Computador Para HMI	1	1000 \$	1000 \$
Cable Sucre 16*18	200	4 \$	800 \$
Relés 24 VDC	40	5 \$	200 \$
Amarras, Organiza Cable,	1	200 \$	200 \$
Canaleta Plástica 10cm	4	6 \$	24 \$
Cable # 18	200	0,4 \$	80 \$
Bornera Para Riel Din	200	1 \$	200 \$
Riel Din	3	8 \$	24 \$
Variador Velocidad 3hp	1	600 \$	600 \$
Celda De Carga 500 Kg	1	150 \$	150 \$
Sensores Inductivos	4	58 \$	232 \$
Ups	1	75 \$	75 \$
Variador de Velocidad de 100hp	1	5500 \$	5500 \$
Termocupla Tipo J	4	30 \$	120 \$
			13170\$
	Personas	Salario	Meses

salarios	2	300 \$	7
			4200
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			17370 \$

Tabla 5-1 Costos del Proyecto

El detalle de la mano de obra descrita en la tabla corresponde a los salarios de las dos personas que realizaron el proyecto.

El valor total del proyecto es de \$ 17370 dólares, valor que será utilizado para realizar el análisis técnico económico.

5.2 ÍNDICES ECONÓMICOS

Para la correcta evaluación de un proyecto se toma en cuenta el conjunto de antecedentes que permita estimar las ventajas y desventajas económicas de la asignación de recursos para tener una buena proyección sobre la conveniencia o no de llevar a cabo un plan de acción.

La viabilidad de un proyecto se analiza a través de indicadores económicos, solo de esta manera se puede determinar si la inversión (capital e insumos) podrá producir una rentabilidad económica y la solución de una necesidad en forma segura y eficiente.

Existen algunos términos básicos utilizados para el cálculo de los indicadores económicos y son:

Interés

El termino interés define la renta que se gana por invertir dinero propio o la renta que se paga por invertir dinero ajeno.

La inversión puede darse a interés simple y a interés compuesto. Cuando se invierte a interés simple solo se recibe interés del capital inicial mientras que si se invierte a interés compuesto los intereses recibidos son reinvertidos para obtener más intereses.

Interés simple

$$C_n = C_o(1 + in)$$

Interés Compuesto

$$C_n = C_o(1 + i)^n$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

i ; *tasa de interes*

Inflación

Es el proceso por el cual el dinero pierde su poder adquisitivo con el tiempo si no hay estabilidad económica.

$$C_n = \frac{C_o}{(1 + t)^n}$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

t ; *tasa de inflaciòn*

Depreciación

Este término define al proceso de pérdida de valor de un bien mueble o inmueble con el paso de los años.

$$C_n = \frac{C_o}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

i ; *tasa de interès*

Anualidad o Renta

Se refiere a una serie de pagos-cobros periódicos es decir un capital acumulado en n años.

$$C_n = R \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Dónde:

C_n ; capital futuro

R ; renta

n ; años

i ; tasa de interés

Flujo Financiero

Es la sumatoria de ingresos y egresos donde los ingresos son valores positivos y los egresos valores negativos.

$$C_o = (R_i - R_e) \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

Dónde:

C_o ; capital inicial

R_i ; renta ingreso

R_e ; renta egreso

n ; años

i ; tasa de interés

Los indicadores económicos describen el flujo de fondos neto proyectado y el valor del dinero en el tiempo. Ellos son:

Valor Actual Líquido (VAL)

Es el valor presente resultante de la sumatoria de la inversión, ingresos y egresos.

$$VAL = -I + \sum_{i=1}^n R_i \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \sum_{i=1}^n R_e \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Dónde:

VAL ; Valor Actual Liquido

R_i ; renta ingreso

R_e ; renta egreso

n ; años

i ; tasa de interés

I ; Inversion

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

Es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto si su valor es mayor a la tasa de interés se puede decir que el proyecto es viable.

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es un indicador que permite medir el tiempo en que se recupera el capital invertido en un proyecto. Las inversiones con menor tiempo de recuperación serán las más viables.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS COSTO - BENEFICIO

El análisis de costo beneficio se maneja en base a tres indicadores importantes que a continuación se detallan:

VAL (VALOR ACTUAL LÍQUIDO)

Inversión	17370
Ei (ahorro)	30767,7

Ee (mantenimiento)	6000
Interés (I)	0,1281
Inflación (t)	0,0444
Inom (i)	0,0837
Años	1
$(1+i)^n$	1,084
VAL	5484,7

Tabla 5-2 Calculo del VAL

El VAL tiene un valor de \$ 5484.7 siendo un proyecto viable evaluado con un valor mayor o igual a cero.

PRI (PERIODO DE RECUPERACIÓN INTERNA)

N(meses)	$(1+i)^n$	Val
1	1,007	-15394,49
2	1,013	-13432,18
3	1,020	-11482,96
4	1,027	-9546,75
5	1,034	-7623,48
6	1,041	-5713,04
7	1,048	-3815,35
8	1,055	-1930,34
9	1,062	-57,91
9,0312	1,062	0,31133188
10	1,069	1802,02
11	1,076	3649,53
12	1,084	5484,71

Tabla 5-3 Cálculo del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión)

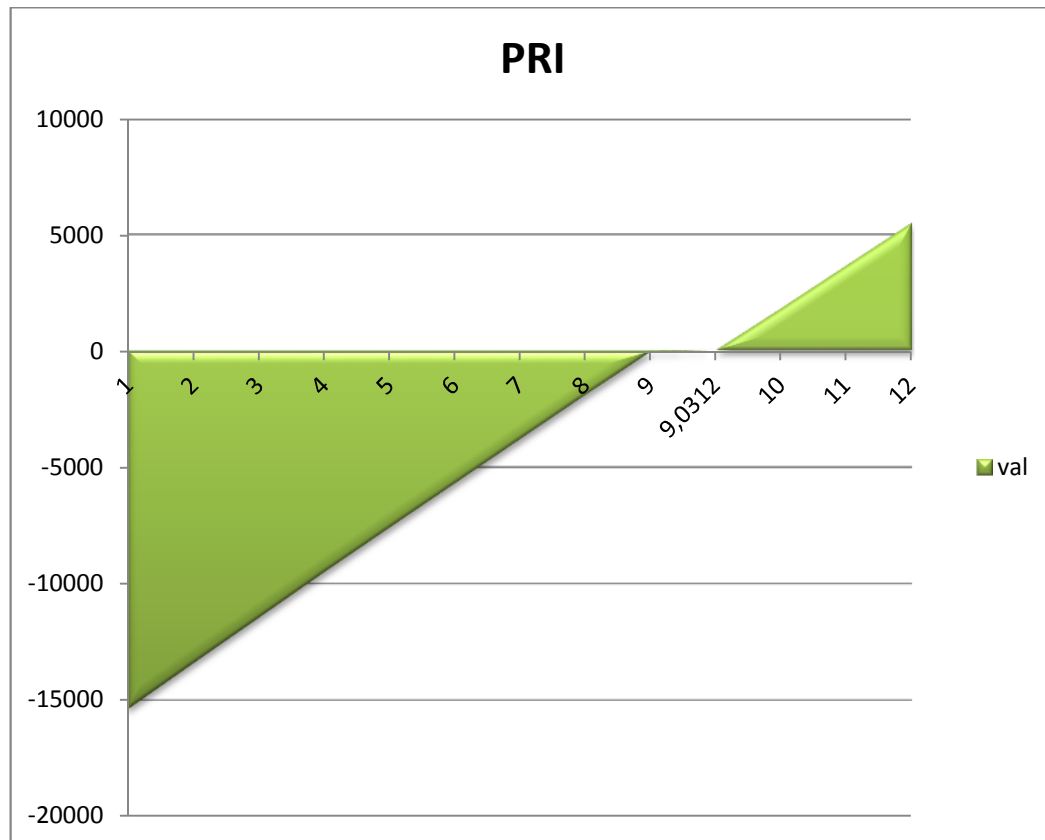


Figura 5-1 Gráfico de La Recuperación De La Inversión

La inversión del proyecto se recupera en 9 meses con la rentabilidad de la tasa de interés.

TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)

Interés	$(1+i)^n$	Solución
0,1	1,100	5146,05
0,2	1,200	3269,71
0,3	1,300	1682,04
0,4	1,400	321,18
0,4259	1,426	-0,16

Figura 5-2 Valores del TIR del Proyecto

El TIR del proyecto tiene un valor de 42.59% que es muy superior a la tasa de interés

nominal de 8.37% por lo tanto el proyecto es viable.

5.4 IMPACTO AMBIENTAL

Es muy importante señalar que existen algunas posiciones en la evaluación que se ha hecho al PVC y en cuanto a estas, tenemos la vertiente ecologista, que sostiene que el PVC y sus aditivos son muy perjudiciales para el medio ambiente y sus ecosistemas; y por otro lado tenemos a los defensores de un producto que es capaz de acumularse y reciclarse.

Los efectos que produce el PVC sobre la salud y el medio ambiente han sido cuidadosamente investigados, desde la producción del polímero, fabricación y uso de los artículos obtenidos hasta la disposición final.

Debemos tomar en cuenta que PVC se compone de combustibles fósiles, recursos no renovables, siendo este un termoplástico que se obtiene por polimerización de Cloruro de Vinilo (CV). Este polímero es sumamente sensible a la temperatura y se puede fabricar mediante los siguientes procesos de polimerización: emulsión, suspensión en masa y en solución. La resina que se obtiene es un polvo blanco, fino, inodoro y atóxico.

Desde hace varios años el PVC es el material más utilizado para envases y embalajes, suponiendo el 15-20 % de todos los plásticos usados en este sector. También es éste uno de los sectores en los que existen un mayor número de alternativas fácilmente accesibles. A continuación se muestra una tabla con la distribución de los productos de PVC. Los datos varían en torno a países desarrollados o en vías de desarrollo.

Construcción	58%
Envases y embalajes	17%
Automóvil	4%
Eléctrico	4%
Mobiliario	4%

Otros	13%
-------	-----

Figura 5-3 Porcentajes de Uso del PVC

Reciclado del PVC

Cabe recalcar que el tiempo de vida útil del PVC es de 50 años, en condiciones normales de uso, considerando todas las propiedades descritas y su elevada longevidad, el costo resulta ínfimo en relación a otros tubos, es por eso que su comercialización y uso se ha masificado.

Debido a la gran variedad de aditivos usados (en su mayoría tóxicos) en las distintas aplicaciones de este material, el PVC no es una sustancia única. La mezcla de distintas sustancias hacen que el proceso de reciclaje se mas difícil y menos eficiente. Todas las aplicaciones del PVC reciclado están perfectamente cubiertas por materiales más adecuados como el cemento y la madera. Esto no hace otra cosa que retrasar el vertido inevitable en vertederos o incineradoras.

La propia industria del PVC ha reconocido que los actuales esfuerzos de reciclaje no son rentables, ya que las resinas y productos reciclados son a menudo más caros que el plástico virgen, y que la gran campaña lanzada para demostrar la reciclabilidad de los productos fabricados con PVC ha sido realizada más por su valor de relaciones públicas que por otros motivos.

Como consecuencia de ello, el reciclaje de plásticos después de su consumo es insignificante y aumenta el tráfico de residuos plásticos. Todo este tiempo los residuos de PVC han sido depositados en vertederos, poniendo así en peligro al suelo y las aguas subterráneas, tanto los plastificantes como los metales pesados, por la acción de microorganismos o de líquidos corrosivos en el vertedero, pueden ser liberados y filtrarse a través del vertedero. Ni siquiera los mejores impermeabilizantes de vertederos pueden prevenir esta filtración.

Por otro lado la incineración dispersa contaminantes tan peligrosos como: el cloruro de hidrógeno y metales pesados en el aire y el agua, genera enormes cantidades de nuevos y peligrosos residuos y por cada 3 toneladas de residuos urbanos que entran

en los hornos de las incineradoras, sale 1 tonelada de cenizas tóxicas, que deberán ser depositadas en vertederos, esta vez especiales. Además la energía obtenida al quemar unos residuos es del orden de 3 a 5 veces menor que la que será necesaria para producir esos objetos de nuevo (extracción de materias primas, elaboración, distribución).

Cabe destacar que el tubo de PVC es inmune a casi todos los tipos de corrosión experimentados en sistemas de tuberías subterráneas y tampoco son dañados por ataques de suelos normales o corrosivos. Tiene una alta resistencia al tiempo de uso y al ataque biológico ya que es resistente a cualquier microorganismo.

Reciclado mecánico

Este proceso no afecta la composición química del polímero. Se efectúa luego de separar otros materiales (vidrio, caucho o metales). Los productos de PVC elegidos son entonces molidos y lavados para reprocesarlos en nuevos productos.

Reciclado químico

Este proceso es conducente a superar las limitaciones de las tecnologías de reciclado mecánico. Los materiales alcanzados por este tipo de tecnología son mezclas de plásticos sin seleccionar o de productos diversos que no son separables económicamente; se incluyen en este grupo cables, ropas vinílicas, laminados de muebles y calzados deportivos.

Reciclado con recuperación de energía.

Se incluyen los artículos que por razones de costo o salubridad, no pueden ni deben ser reciclados pero que pueden ser destinados a plantas de combustión para recuperación de energía o simplemente incinerados.

Disposición segura en terrenos de relleno.



Cualquiera que sea el proceso de recuperación del PVC siempre existe una pequeña fracción no reciclable que se destina a relleno. Estudios independientes confirman que la presencia de PVC en ellos no constituye un riesgo para el medioambiente.



6. CONCLUSIONES

- El levantamiento eléctrico realizado previo al diseño del nuevo sistema de control permitió identificar: los elementos constitutivos de la máquina, las mejoras técnicas que se pueden realizar y las variables del proceso más importantes tomando en cuenta los puntos más vulnerables. Solamente de esta manera se puede tomar la decisión de mantener esquemas de fuerza y mando o sustituir controles electromecánicos por algoritmos desarrollados en Controladores Lógicos Programables (PLC).
- El diseño del sistema de control a través de PLC's simplifica el esquema de control ya que al reducir los extensos circuitos electromecánicos y sus dispositivos se puede incrementar la confiabilidad del proceso. Los circuitos puramente electromecánicos utilizan como recurso más importante una variedad de bloqueos a través contactos auxiliares tanto de relés, selectores, pulsadores, etc. Que son susceptibles a fallas en sus mecanismos además del efecto que generan sobre ellos factores como el polvo y la humedad, haciendo de esta manera que la confiabilidad del proceso dependa en proporción inversa al número de elementos electromecánicos presentes en el sistema es decir que a mayor número de elementos electromecánicos menor confiabilidad.
- Para el desarrollo del programa en el PLC, es indispensable identificar las etapas principales y subprocesos del sistema para que se puedan agruparlos y ejecutarlos mediante subrutinas, simplificando el desarrollo del algoritmo de control.
- La implementación de microswitch's que verifiquen la activación física y el correcto funcionamiento del elemento a controlar (válvulas, pistones, motores) ayudan a la rápida detección y corrección de fallas.
- El servidor OPC de National Instruments, a más de permitir la vinculación de variables de proceso del PLC con la MTU, permite visualizar los valores y estados reales de variables dando la opción de escribir un valor directamente

desde el *OPC Quick Client*, convirtiéndose en una herramienta potente al momento de realizar pruebas de funcionamiento desde el HMI.

- El monitoreo en tiempo real a través de un HMI (Interface Hombre Maquina) permite realizar un seguimiento paso a paso del proceso pudiendo determinar así fallas y anomalías de manera oportuna como por ejemplo: variables fuera del rango de trabajo, tiempos de funcionamiento excedidos, fallas de secuencia y pérdidas de comunicación entre dispositivos.
- En un sistema de pesaje el indicador más importante es el porcentaje de error de la balanza. Este indicador permite determinar la cantidad de materia prima perdida en el proceso. El porcentaje de error no solamente puede ser positivo sino también negativo y los equipos destinados a esta aplicación son cuidadosamente seleccionados y calibrados para reducir este efecto.
- El cable destinado a transportar señales analógicas y digitales es seleccionado con la finalidad de minimizar los efectos del ruido, la atenuación y la distorsión. El ambiente industrial y el ruido electromagnético obliga a realizar las instalaciones de este tipo con cable apantallado y respetando las distancias de seguridad entre dispositivos.
- En la generación de reportes es de gran utilidad el *Report and generation toolkit* que posee LabVIEW para la generación de documentos en office, facilitando la creación de un archivo con extensión .xlsx a partir de una plantilla diseñada acorde a los requerimientos de información del proceso.
- Un sistema que contenga la plataforma de Industrial Ethernet tiene la flexibilidad de adaptarse a cualquier cambio futuro en el proceso, la interconexión con otro proceso, la inclusión en un sistema global de control o a su vez la adaptación de futuras tecnologías al proceso en la etapa de control y monitoreo.

7. RECOMENDACIONES

- Hay que tomar en cuenta que algunos controles electromecánicos se pueden mantener debido a su sencillez y por la seguridad que dan en el proceso así como bloqueos entre contactores a través de sus contactos auxiliares y sus respectivos térmicos o guardamotores.
- Para incrementar la confiabilidad del funcionamiento del proceso se debe reducir la dependencia de circuitos puramente electromecánicos y cargar todo este tipo de operaciones booleanas al PLC.
- De preferencia los microswitch deben ser ubicados en los mecanismos de pistones y válvulas actuando como finales de carrera. Además su activación tiene que ser minuciosamente calibrada.
- En un HMI no puede faltar una sección de avisos de falla de esta manera el proceso prácticamente le dice al operador que le falta para su correcto funcionamiento.
- Los equipos de la balanza deben ser seleccionados con el fin de reducir los errores porcentuales que puede generar, por esta razón en el presente trabajo se escogió un concentrador de balanza con salida serial RS-232 de esta manera no se pierde resolución en el momento de enviar el dato hacia la PC.
- Para la transmisión de señales digitales y analógicas los cables deben ser necesariamente apantallados respetando las distancias normalizadas, de esta manera se evitará problemas de falsas lecturas en las entradas analógicas y perdidas de comunicación en las señales digitales. Además las instalaciones de este tipo deben respetar las distancias de seguridad con respecto a los cables de fuerza.
- La creación de ítems OPC debe realizarse con la nomenclatura optada en el sistema de control, y estos nombres a su vez deben mantenerse individual y



colectivamente en el proyecto de LabVIEW para que al momento de vincularlas con el I/O Server, sea más rápido e intuitivo.



8. BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO, Pablo, *Control Industrial*, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.
- CORRALES, Luís, *Interfaces de Comunicación Industrial*, Quito 2004
- CORRALES, Luis, *Instrumentación Industrial*, Quito 2007
- SEMPEREC, *Comunicaciones Industriales. Una Visión Practica Con Simatic S7*. Universidad Politécnica De Valencia. 2002.
- RODRÍGUEZ, Penin, *Comunicaciones Industriales*, Marcombo. 2008.
- RODRÍGUEZ, Penin, *Sistemas Scada. Guía Práctica*. Marcombo, 2007.
- Siemens Energy & Automation, INC. *Temas de Ayuda*. STEP 7-Micro/WIN.

- INTERNET
www.ni.com/labview/
- INTERNET
<http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/Pages/Default.aspx>
- INTERNET
http://cache.automation.siemens.com/dnl/TY/TYzNDE2NQAA_16983464_HB/PC_Adapter_USB_s.pdf
- INTERNET
http://www.automation.siemens.com/net-static/Quickstart2009/quickstart012003/html_76/ethernet/ie_tcp_s7_pc_s7.htm
- INTERNET
<http://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>
- INTERNET
<http://www.infoplcn.net/foro/showthread.php?1343-libros-sobre-automatizaci%F3n>
- INTERNET
<http://www.ni.com/serial/esa/>

9. ANEXOS

- GSE 250
- PLANOS
- DATOS DE SOBREPESO
- GUÍA DE USUARIO
- PROGRAMA DEL PLC
- CERTIFICACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: ELÉCTRICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO ELÉCTRICO

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN Y
MONITOREO DEL SISTEMA DE PESAJE Y MEZCLA DE MATERIA
PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA PVC EN LA FABRICA
TIGRE S.A.”**

AUTORES:

JHONY DARÍO LEÓN CHANGOLUISA

EDWIN PATRICIO SIMBAÑA PULUPA

DIRECTOR: Ing. Marcelo García

Quito, Marzo del 2012

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros Jhony Darío León Changoluisa y Edwin Patricio Simbaña Pulupa, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito en el presente documento es de nuestra autoría y que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, acorde a los reglamentos de propiedad intelectual y las exigencias propias de la Universidad Politécnica Salesiana según la normatividad institucional vigente.

El proyecto implementado consta de un sistema único, para lo cual, hemos consultado documentos cuyas referencias bibliográficas se incluyen en este documento.

Quito, 03- 22-2012

Jhony León

Edwin Simbaña

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jhony Darío León Changoluisa y Edwin Patricio Simbaña Pulupa, bajo mi supervisión y asesoría.

Ing. Marcelo García

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Tigre Ecuador S.A. por la oportunidad brindada para el desarrollo de este proyecto en especial al Ing. Héctor Lara y al Ing. German Albaracín.

Al Ing. Marcelo García por su gran aporte y esfuerzo brindado durante todo el desarrollo del proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana por los conocimientos adquiridos durante todo el trayecto Universitario, en especial al Ing. Esteban Inga y al Ing. Ramiro Robayo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios, por darme la fortaleza y permitirme cumplir una meta importante de mi vida.

A mis padres Ángel León (+) y Blanca Changoluisa por ser mi mayor referente de esfuerzo y sacrificio durante toda mi vida, a mi tío Raúl por ser un apoyo incondicional en mi trayecto estudiantil. Siendo quienes me brindaron su apoyo y motivación para culminar mis estudios Universitarios.

Jhony León

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Pedro Simbaña y Rosa Pulupa por darme la fuerza, el apoyo y el valor necesario para seguir adelante y no rendirme ante las pruebas de la vida.

A mis hermanos y todas las personas que considero mi familia que de una u otra forma me apoyaron en el presente trabajo.

Edwin Simbaña

RESUMEN

El tema abordado en este trabajo describe el desarrollo del proyecto de automatización y monitoreo del sistema de pesaje y mezcla de materia prima para la Fabrica Tigre Ecuador S.A., siendo básicamente un sistema HMI (Human Machine Interfaz), el cual permite el control y monitoreo de las tres etapas principales del proceso, Mezclador Plasmec, Mezclador Chino y Balanza, en una misma interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW, permitiendo tener acceso a cada uno de los dispositivos actuadores y visualización de eventos en tiempo real.

Mediante la planificación el sistema puede ser desarrollado simultáneamente a la operación de la maquinaria, encaminado hacia una mejora tecnológica continua y con las últimas tendencias en ambientes industriales como Industrial Ethernet.

El levantamiento eléctrico permite conocer el proceso y utilizar dispositivos todavía útiles, en el nuevo sistema de control basado en PLC (Controlador Lógico Programable), que hace al proceso altamente confiable y garantiza un producto terminado de buena calidad.

El sistema desarrollado facilita la recolección de datos de producción diaria mediante reportes y brinda un entorno de trabajo amigable entre la máquina y el operador capacitado para supervisar el proceso.

Todo el proyecto se sustenta en las mejoras técnicas y económicas generadas desde la puesta en marcha del sistema, optimizando recursos humanos y económicos que cumplan los requerimientos de Tigre Ecuador S.A.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Fábrica Tigre Ecuador Ecuatigre S.A. Se encuentra ubicada en la parroquia de Calderón, Vía a Marianas, Calle El Vergel. Mencionada Industria actualmente se encuentra operando con 9 líneas de producción de tubería, dos mezcladores y un sistema de dosificación manual para materia prima.

La mezcla utilizada para la fabricación de tubería PVC (Policloruro de Vinilo) responde a una formula química, la cual se basa en pesos porcentuales de cada uno de sus componentes. La preparación de estos componentes se la realiza en dos MIXERs (mezclado de materia prima para elaboración de tubería), tomando en cuenta temperaturas de acondicionamiento tanto etapas de precalentamiento y enfriamiento.

Los procedimientos de mezcla y pesaje en la fase de preparación se los realiza de forma manual en base a dispositivos electromecánicos y tiempos de dosificación respectivamente, afectando directamente a la formulación de la mezcla final.

Por esta razón la mezcla no se rige a los porcentajes establecidos para los procesos de extrusión quemando el producto en esta etapa y generando pérdidas de producción y materia prima no reprocesable en todas las líneas, además de los elevados tiempos muertos y de parada que conllevan la limpieza de moldes, y la puesta en marcha de la línea. Afectando técnica y económicamente a los intereses de la empresa.



Figura A y B: Sistema de ingreso manual de materia prima y material quemado



Figura C y D: Mixer 1 y tablero de control electromecánico

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.

Para obtener el máximo provecho de la materia prima en todas las líneas de producción, optimizar los recursos, mejorar la tecnología instalada, obtener un mayor rendimiento, elevar la eficiencia y calidad del producto terminado hemos planteado la necesidad de la automatización y monitoreo del sistema de pesaje y mezcla de materia prima para la fabricación de tubería PVC en la fábrica Tigre S.A.”

Con esto pretendemos garantizar la preparación adecuada de las fórmulas de elaboración de tubería PVC, entregando la materia prima adecuada para los procesos, de esta manera se reducirán tiempos muertos y de parada debido a material quemado en el proceso de extrusión, además de estar a la par de los métodos tecnológicos industriales existentes hoy en día, tanto en la industria en general como en nuestra planta industrial que permitan dar a todos los procesos mayor confiabilidad, y adaptabilidad conforme al desarrollo industrial de Tigre S.A. en Ecuador.

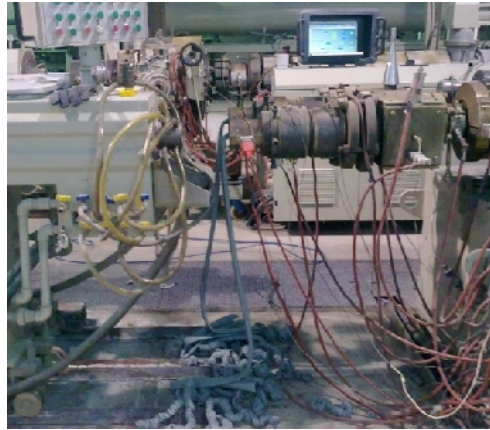


Figura E y F: Material quemado en extrusión y tablero control manual

ALCANCES.

Automatización de los procesos de mezcla y pesaje de materia prima del sistema de MIXERs en la Fabrica Tigre S.A.

Diseño e implementación de un sistema de supervisión HMI (Interfaz Hombre Maquina) en la plataforma LabVIEW

Control y monitoreo del estado de las variables en el proceso de mezcla y pesaje.

Obtención de una mezcla que responda a la receta establecida para la fabricación de tubería PVC.

Generación de reportes diarios de producción y tiempos de parada.

Supervisión técnica y operativa de la maquinaria perteneciente a los procesos, dando flexibilidad al sistema así como detección de fallas, alarmas e históricos.

Análisis técnico económico de acuerdo a las mejoras prestadas por el sistema instalado.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

X

- Automatizar y monitorear el sistema de pesaje y mezcla de materia prima para la fabricación de tubería PVC en la fábrica Tigre S.A.

Objetivos Específicos.

- Realizar un levantamiento eléctrico previo al diseño del nuevo sistema de control e identificar las etapas más vulnerables.
- Remplazar los dispositivos de control electromecánicos y readecuarlos con sensores, microswitchs, variadores de velocidad, para acoplarlos al nuevo sistema mediante PLC (Controlador lógico programable) Siemens S7-200,
- Monitorear el proceso de mezclado así como los pesos de preparación, temperaturas de acondicionamiento, fallas y alarmas.
- Reducir los márgenes de error en el sistema de pesaje e incrementar su confiabilidad utilizando las cantidades exactas de resina.
- Capacitar al personal operativo para el manejo del sistema implementado y sus prestaciones.
- Analizar las mejoras prestadas por el sistema instalado en beneficio de la empresa.

HIPÓTESIS.

Con la automatización y monitoreo del sistema de pesaje y mezcla de materia prima para la Fabrica Tigre S.A., pretendemos mejorar el sistema manual existente y obtener así una mezcla de materia prima óptima para su ingreso a cada una de las líneas de producción de tubería PVC además de implementar un sistema HMI en LabVIEW, para la supervisión, monitoreo y control de los Mixer existentes proporcionando una rápida detección de fallas, menor tiempo de paro incrementando la confiabilidad en el proceso de pesaje, mezcla y control de materia prima reduciendo las pérdidas económicas por excesos de dosificación , el reproceso de producto quemado y reprocesado inutilizable .

El sistema de monitoreo nos permitirá llevar un control estadístico diario de producción y tiempos de parada, con lo que podremos analizar las mejoras prestadas por el sistema respecto al antiguo método basándonos en los datos reales medidos antes y después de la implementación del sistema HMI.

MARCO METODOLÓGICO.

El método que utilizaremos para demostrar esta hipótesis es el Método lógico deductivo y el Experimental. Ya que nos basaremos en los conocimientos adquiridos para sustentar una investigación y experimentación confiable.

ESQUEMA DE CONTENIDOS.

CAPITULO I

TITULO: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEZCLA Y PESAJE

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Descripción del proceso de Mezcla
- 1.4 Necesidades del proceso.
- 1.5 Propuesta de mejoramiento.

CAPITULO II

TÍTULO: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LOS MIXERs y PESAJE

- 2.1 Levantamiento eléctrico.
 - 2.1.1 Análisis del antiguo sistema de fuerza y control
 - 2.1.2 Identificación de variables de proceso
 - 2.1.1 Resultados
- 2.2 Diseño del sistema de control
 - 2.2.1 Investigación de sistemas aplicables y mejoras
 - 2.2.2 Estudio y selección de equipos
 - 2.2.3 Estudio y diseño del sistema de pesaje
- 2.2 Programación del PLC
- 2.3 Pruebas de funcionamiento parciales

CAPITULO III

TÍTULO: DESARROLLO DEL SOFTWARE (EN LABVIEW) PARA EL SISTEMA SUPERVISOR

- 3.1 Introducción al Entorno LabVIEW
- 3.2 Organización de las variables de proceso
- 3.3 Diseño de la interfaz gráfica (HMI).
- 3.4 Servidor OPC
- 3.5 Integración de variables vía OPC server NI
- 3.6 Creación de la aplicación

CAPITULO IV

TÍTULO: RESULTADOS OBTENIDOS Y VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

- 4.1 Pruebas y resultados obtenidos
 - 4.1.1 Pruebas individuales
 - 4.1.2 Pruebas de comunicación.
 - 4.1.3 Puesta en marcha del sistema
- 4.2 Verificación de la Hipótesis
 - 4.2.1 Mejoras Técnicas
 - 4.2.2 Mejoras de producción
 - 4.2.3 Análisis estadístico

CAPITULO V

TÍTULO: ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL

- 5.1 Costo del Proyecto
- 5.2 Índices económicos
- 5.3 Análisis de resultados Costo - Beneficio
- 5.4 Impacto Ambiental

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VIII
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	IX
ALCANCES.....	X
OBJETIVOS.....	X
HIPÓTESIS.	XI
ÍNDICE GENERAL	XIV

CAPITULO I.....	1
-----------------	---

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEZCLA Y PESAJE EN LA FÁBRICA TIGRE S.A....	1
--	---

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1.2 ANTECEDENTES	2
1.1.3 ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL.....	2
1.2 PROCESO DE MEZCLA.....	3
1.2.1 GENERALIDADES	3
1.2.2 TIPOS DE MEZCLA.....	3
1.2.2.1 MEZCLAS HOMOGÉNEAS	4
1.2.2.2 MEZCLAS HETEROGÉNEAS.....	4
1.2.3 TIPOS DE MEZCLADORES	4
1.2.3.1 MEZCLADORES DE FLUJOS O CORRIENTES	5
1.2.3.2 MEZCLADORES DE PALETAS O DE BRAZOS.....	5
1.2.3.3 MEZCLADOR DE HÉLICES	6

1.2.3.4	MEZCLADORES DE TURBINA O DE IMPULSOR CENTRÍFUGO	6
1.2.3.5	MEZCLADOR DE TAMBOR.....	7
1.2.4	MEZCLADO DE MATERIA PRIMA	7
1.2.4.1	MATERIAS PRIMAS.....	8
1.2.4.1.1	POLIETILENO (PE)	8
1.2.4.1.2	POLIPROPILENO (PP)	9
1.2.4.1.3	POLICLORURO DE VINILO (PVC).....	11
1.2.4.1.4	CARBONATO DE CALCIO	12
1.2.4.1.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS RESINAS PVC.....	13
1.2.5	MEZCLADORES OPERATIVOS Y ETAPAS	13
1.2.6	INGRESO Y COCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	14
1.2.7	ENFRIAMIENTO Y SALIDA DE LA MATERIA PRIMA	15
1.3	NECESIDADES DEL PROCESO	17
1.3.1	ANTECEDENTES	17
1.3.2	NECESIDADES DEL SISTEMA DE MEZCLA	17
1.4	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.....	20
1.4.1	NECESIDADES OPERATIVAS	20
1.4.2	MEJORAS GENERALES	21
CAPITULO II		23
2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LOS MIXERS.....		23
2.1	LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO	23
2.1.1	ANÁLISIS DEL ANTIGUO SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL ..	23
2.1.1.1	BALANZA	25
2.1.1.2	MIXER PLASMEC.....	28
2.1.1.3	MIXER CHINO	33
2.1.2	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE PROCESO	37
2.1.3	RESULTADOS	38
2.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	41
2.2.1	INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS APLICABLES Y MEJORAS	42
2.2.1.1	ESTUDIO Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA HMI	43
2.2.1.1.1	INTERFAZ HOMBRE MAQUINA – HMI.....	43

2.2.1.1.2 UNIDAD TERMINAL MAESTRA – MTU	44
2.2.1.1.3 UNIDAD TERMINAL REMOTA - RTU	44
2.2.1.1.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES	44
2.2.1.2 INDUSTRIAL ETHERNET (IEEE 802.3)	45
2.2.1.3 COMUNICACIÓN SERIAL (RS 232)	48
2.2.2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE	50
2.2.2.1 SELECCIÓN DE LA PC – MTU	51
2.2.2.2 SELECCIÓN DEL PLC - RTU	52
2.2.2.3 SERVIDOR OPC	53
2.2.2.4 SOFTWARE DE INTERFAZ	53
2.2.3 ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE PESAJE	54
2.2.3.1 TIPOS DE BALANZA	54
2.2.3.2 TIPOS DE CELDAS	55
2.2.3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS	58
2.3 PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PLC	59
2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CPU	59
2.3.2 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	60
2.3.3 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS	63
2.3.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC	67
2.3.4.1 CONFIGURACIÓN DEL PC ADAPTER USB	68
2.3.4.2 CONFIGURACIÓN MODULO ETHERNET CP 243-1	70
2.3.4.3 PROGRAMA PRINCIPAL	76
2.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARCIALES	90
2.4.1 PRUEBAS INTERFAZ PG /PC POR ETHERNET	90
2.4.2 PRUEBA DE CONECTIVIDAD CON LA MTU	92
CAPITULO III	94
3. DESARROLLO DEL SOFTWARE (EN LABVIEW) PARA EL SISTEMA SUPERVISOR	94
3.1 INTRODUCCIÓN AL ENTORNO LABVIEW	94
3.2 ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO	96
3.2.1 CREAR I/O SERVER EN LABVIEW	96
3.2.2 CREAR LIBRERÍAS	99
3.2.3 CREAR Y VINCULAR VARIABLES AL I/O SERVER	100

3.2.4	VINCULACIÓN INDIVIDUAL	104
3.3	DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA (HMI)	106
3.3.1	UTILIDADES.....	106
3.3.1.1	RECEPCIÓN DE DATOS SERIAL	106
3.3.1.2	VI DE CONTROL MANUAL AUTOMÁTICO	109
3.3.1.3	EVENTOS DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.....	110
3.3.1.4	MENSAJES DE ALARMA	112
3.3.2	BIENVENIDA.....	114
3.3.3	INGRESO Y SELECCIÓN DE RECETAS	115
3.3.4	BALANZA	118
3.3.5	MIXER PLASMEC	121
3.3.6	MIXER CHINO.....	123
3.3.7	EDITOR DE RECETAS.....	124
3.3.8	REPORTES DE PRODUCCIÓN	125
3.4	SERVIDOR OPC	127
3.4.1	OPC.....	127
3.4.1.1	ARQUITECTURA Y ACCESO A LOS DATOS EN OPC	129
3.4.2	CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR OPC.....	130
3.4.2.1	CONFIGURACIÓN DEL CANAL	130
3.4.2.2	CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO	133
3.5	INTEGRACIÓN DE VARIABLES VÍA NI OPC SERVER.....	137
3.6	CREACIÓN DE LA APLICACIÓN	140
CAPITULO IV		143
4. RESULTADOS OBTENIDOS Y VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS		143
4.1	PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS	143
4.1.1	PRUEBAS INDIVIDUALES	145
4.1.2	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.	145
4.1.2.1	RECEPCIÓN DEL DATO DE PESO.....	146
4.1.2.2	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN VÍA OPC	147
4.1.3	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	149
4.2	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	152
4.2.1	MEJORAS TÉCNICAS.....	153
4.2.2	MEJORAS DE PRODUCCIÓN.....	154

4.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	155
CAPITULO V.....	162
5. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL	162
5.1 COSTO DEL PROYECTO	162
5.2 ÍNDICES ECONÓMICOS	163
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS COSTO - BENEFICIO.....	166
5.4 IMPACTO AMBIENTAL.....	169
6. CONCLUSIONES	173
7. RECOMENDACIONES	175
8. BIBLIOGRAFÍA	177
9. ANEXOS.....	178

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A y B Sistema de ingreso manual de materia prima y material quemado...	viii
Figura C y D Mixer 1 y tablero de control electromecánico.....	ix
Figura E y F Material Quemado en extrusión y tablero control manual.....	x
Figura 1-1 Ubicación de la planta Industrial Tigre Ecuador S.A.....	1
Figura 1-2 Fotografía del Mixer en la Fabrica Tigre S.A.	8
Figura 1-3 Estructura del polietileno	9
Figura 1-4 Estructura del polipropileno	10
Figura 1-5 Cloruro de vinilo (Monómero) y Policloruro de vinilo (Polímero).....	11
Figura 1-6 Fotografía De Ingreso De Resina Manual al Mezclador.....	15
Figura 1-7 Fotografía Del Enfriador En La Planta Tigre Ecuador S. A.	16
Figura 2-1 Válvulas de apertura de paso de resina	26
Figura 2-2 Estructura de la balanza de Resina.	27
Figura 2-3 Motor de descarga de materia prima	29
Figura 2-4 Válvula de descarga de materia prima Mixer Plasmec	29
Figura 2-5 Motor principal de la olla Plasmec.....	30
Figura 2-6 Válvula de descarga a enfriador Plasmec.....	31
Figura 2-7 Motor Enfriador Plasmec	31
Figura 2-8 Elevador de salida del Producto mixer Plasmec	32
Figura 2-9 Tolva de carga de resina mixer Chino.....	34
Figura 2-10 Motor principal Mixer Chino	34
Figura 2-11 Válvula de descarga hacia enfriador Mixer Chino.....	35
Figura 2-12 Enfriador Mixer Chino	35
Figura 2-13 Elevador de salida Mixer Chino.....	36
Figura 2-14 Tablero antiguo de control mixer Chino	37
Figura 2-15 Sistema HMI Propuesto.....	43
Figura 2-16 ISO en TCP - Ampliación RFC 1006.....	46
Figura 2-17 Modelo TCP/IP Y Modelo OSI.....	47
Figura 2-18 CPU utilizado en el sistema HMI.....	51
Figura 2-19 PLC Siemens S7 200 CPU 226.....	53
Figura 2-20 Celda de carga Hidráulica	56
Figura 2-21 Celda de galgas Extensio métricas	56
Figura 2-22 Balanza electrónica GSE-250.....	58

Figura 2-23 CPU utilizada en el Tablero de control	59
Figura 2-24 Software de programación para el PLC S7-200.....	67
Figura 2-25 Selección de CPU en MicroWin	68
Figura 2-26 Ajuste interfaz PG/PC.....	69
Figura 2-27 Propiedades del PC Adapter.....	69
Figura 2-28 Selección del puerto del PC ADAPTER	69
Figura 2-29 CPU reconocida mediante PC ADAPTER USB	70
Figura 2-30 Herramientas de MicroWin.....	71
Figura 2-31 Asistente Ethernet.....	71
Figura 2-32 Lectura de Módulos.....	71
Figura 2-33 Selección del CP 243.....	71
Figura 2-34 Dirección del Módulo.....	72
Figura 2-35 Cantidad de Enlaces	72
Figura 2-36 Configuración de enlaces	72
Figura 2-37 Transferencia de escritura.....	73
Figura 2-38 Transferencia de lectura	73
Figura 2-39 Ventana de configuración de Protección CRC.....	73
Figura 2-40 Ventana de asignación de memoria al bloque Ethernet	74
Figura 2-41 Finalización del asistente	74
Figura 2-42 Árbol de navegación MicroWin.....	75
Figura 2-43 Bloque Ethernet creado en el programa Principal.....	75
Figura 2-44 Ajuste de Interfaz PG/PC	91
Figura 2-45 Ventana De Comunicación mediante TCP/IP	92
Figura 2-46 Ventana Ejecutar de Windows	92
Figura 2-47 Ping entre el PLC Y el PC.....	93
Figura 3-1 LabVIEW 2010 Utilizado en el proyecto.....	94
Figura 3-2 Panel frontal del VI en LabVIEW	95
Figura 3-3 Diagrama de Bloques del VI	95
Figura 3-4 Ventana de creación del I/O SERVER.....	97
Figura 3-5 Ventana de configuración del OPC Client I/O Server	98
Figura 3-6 Explorador del cliente OPC en el Proyecto.....	98
Figura 3-7 Ventana de creación de librerías	99
Figura 3-8 Explorador de Librerías en el Proyecto Principal	99
Figura 3-9 Creación de variables en bloque.....	101

Figura 3-10 Ventana de explorador de Variables por añadir	102
Figura 3-11 Ventana de edición de variables booleanas	102
Figura 3-12 Ventana de edición de variables tipo Word.....	103
Figura 3-13 Variables Agrupadas Por Librerías	104
Figura 3-14 Propiedad De Enlace De Datos De Las Variables	105
Figura 3-15 Explorador De Variables Vinculadas Para Enlazar.....	105
Figura 3-16 Visualizador de peso con Led indicador de estado del enlace	106
Figura 3-17 Panel Frontal del VI de recepción de datos serial	107
Figura 3-18 Diagrama de bloques del VI de recepción serial	108
Figura 3-19 Panel Frontal del VI Controls.....	109
Figura 3-20 Diagrama de bloques del VI Controls	110
Figura 3-21 Visualización Del Label En Actuadores	111
Figura 3-22 Diagrama De Bloques Del Control Manual Automático.....	111
Figura 3-23 Pantalla De Visualización De Alarmas	112
Figura 3-24 Programa de la pantalla de alarmas	112
Figura 3-25 Panel Frontal del VI Bienvenida	114
Figura 3-26 Diagrama de bloques del VI Bienvenida.....	115
Figura 3-27 Panel Frontal Del VI Iniciar Ciclo	116
Figura 3-28 Edición De Controles En VI Inicio De Ciclo	116
Figura 3-29 Diagrama De Bloques Del VI Inicio De Ciclo.....	117
Figura 3-30 Selección De Receta En El VI Inicio De Ciclo	117
Figura 3-31 Pantalla principal del sistema o VI Principal	118
Figura 3-32 Pestaña Receta En El VI Principal	119
Figura 3-33 Pestaña De Reportes De Producción	120
Figura 3-34 Grafico De Resina Utilizada.....	120
Figura 3-35 Diagrama De Bloques Del VI Balanza.....	121
Figura 3-36 Pantalla del mezclador Plasmec	122
Figura 3-37 Diagrama de bloques Del VI Plasmec.....	122
Figura 3-38 Pantalla Del Mezclador Chino	123
Figura 3-39 Pantalla del VI Edición de Recetas	124
Figura 3-40 Diagrama De Bloques Del VI Edición De Recetas.....	125
Figura 3-41 Arreglo de datos para vinculación a tabla de reportes.....	126
Figura 3-42 Diagrama De Bloques Para Generación De Reportes A Office	126
Figura 3-43 Problema sin tecnología OPC.....	128

Figura 3-44 Solución con OPC	129
Figura 3-45 Relación entre elementos de un servidor OPC	130
Figura 3-46 Asignación Del Nombre Del Canal	131
Figura 3-47 Selección Del Driver Asignado Al Canal	131
Figura 3-48 Selección Del Adaptador Del Canal	132
Figura 3-49 Optimizaciones De Escritura Del Canal	132
Figura 3-50 Sumario de configuración del canal	133
Figura 3-51 Asignación del nombre del dispositivo	133
Figura 3-52 Selección del modelo del PLC	134
Figura 3-53 Asignación de dirección IP en el Servidor OPC	134
Figura 3-54 Configuración de tiempos de conexión	135
Figura 3-55 Configuración del Auto - Demotion	135
Figura 3-56 Configuración del puerto TCP/IP	136
Figura 3-57 Parámetros TSAP Del Módulo Ethernet	136
Figura 3-58 Sumario de configuraciones	137
Figura 3-59 Creación Del Nuevo Grupo De Ítems OPC	137
Figura 3-60 Propiedades de un ítem OPC	139
Figura 3-61 Variables Creadas En El Servidor OPC	140
Figura 3-62 Ventana de Creación de la aplicación	141
Figura 3-63 Propiedades Del Ejecutable	142
Figura 4-1 Tablero De Control Principal Previo A La Implementación	144
Figura 4-2 Tablero De Control Principal Implementado	145
Figura 4-3 Concentrador GSE – 250 En Tablero De Fuerza Balanza	146
Figura 4-4 Recepción Del Dato Serial Del Concentrador GSE	147
Figura 4-5 Visualización Del Estado De Las Variables	148
Figura 4-6 OPC Quick Client y Variables Enlazadas	148
Figura 4-7 Tablero de fuerza del mixer chino Implementado	150
Figura 4-8 Conexión Ethernet entre el PLC y la MTU	151
Figura 4-9 Tablero HMI principal	151
Figura 4-10 Formato Del Reporte De Producción	152
Figura 5-1 Gráfico de La Recuperación De La Inversión	168
Figura 5-2 Valores del TIR del Proyecto	168
Figura 5-3 Porcentajes de Uso del PVC	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Características del PVC	12
Tabla 1-2 Turbo Mezclador Plasmec Planta Industrial Tigre S.A.	14
Tabla 2-1 Formulación De Mezcla en Tigre S.A.	25
Tabla 2-2 Simbología de entradas.....	39
Tabla 2-3 Simbología entradas analógicas.....	39
Tabla 2-4 Simbología salidas digitales	41
Tabla 2-5 Pines del conector DB 9	50
Tabla 2-6 Conexión para comunicación entre dos dispositivos.....	50
Tabla 2-7 Asignacion de entradas digitales en el PLC	65
Tabla 2-8 Asignación de entradas analógicas	65
Tabla 2-9 Asignación de salidas digitales.....	67
Tabla 2-10 Perfiles de bus y velocidad de transferencia PC ADAPTER USB.....	68
Tabla 3-1 Código de falla y descripción	114
Tabla 3-2 Rango Numéricos De Las Variables En MicroWin	138
Tabla 4-1 Sobre peso año 2011	155
Tabla 4-2 Cargas Mensuales Ultimo Trimestre 2011	159
Tabla 4-3 Promedio de Cargas en kg	160
Tabla 4-4 Pesos Mensuales Ultimo Trimestre 2011	160
Tabla 4-5 Promedio De Pesos	160
Tabla 5-1 Costos del Proyecto	163
Tabla 5-2 Calculo del VAL.....	167
Tabla 5-3 Cálculo del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Estructura Principal del Sistema de Pesaje y Mezcla	76
Ilustración 2-2 Programa Principal del Sistema.....	77
Ilustración 2-3 Selección de receta en Mezcladores	78
Ilustración 2-4 Habilidad de ciclo de Pesaje	79
Ilustración 2-5 Ciclo Automático De Balanza	80
Ilustración 2-6 Ciclo de Pesaje MIXERs	81
Ilustración 2-7 Ciclo de envío de Resina	82
Ilustración 2-8 Ciclo de descarga de resina a Mezclador.....	83
Ilustración 2-9 Habilidad mezclador Plasmec y Chino.....	84
Ilustración 2-10 Ciclo De Cocción En Ambos Mezcladores	85
Ilustración 2-11 Ciclo De Cocción De Materia Prima En Mezcladores	86
Ilustración 2-12 Ciclo de Ingreso de aditivos	87
Ilustración 2-13 Ciclo de enfriamiento en mezcladores del sistema.....	88
Ilustración 2-14 Vaciado de enfriador Plasmec y Chino	89
Ilustración 2-15 Ciclo De Pausa Por No Ingreso De Aditivos.....	90
Ilustración 4-1 Análisis Gráfico Del Sobre peso.....	156